

# OPCIONES REALES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN EN PLANTACIONES FORESTALES

Aplicación en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. en Chile

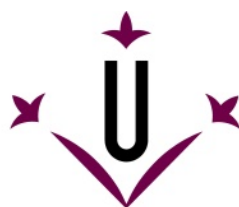
## TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA FORESTAL

Autor: Esther Estruch Bosch

Tutor: Francisco Juárez Rubio

Cotutor: Claudio Muñoz Pereira

Lleida, setiembre 2014



**Universitat de Lleida**

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA (ETSEA)**

Màster en Enginyeria Forestal

**OPCIONES REALES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN EN PLANTACIONES  
FORESTALES**

Aplicación en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. en Chile

Autor: Esther Estruch Bosch

Tutor: Francisco Juárez Rubio

Cotutor: Claudio Muñoz Pereira

Lleida, setiembre 2014



## ÍNDICE

---

1. Introducción .....	9
2. Antecedentes .....	11
3. Marco teórico .....	13
3.1. Flujos de caja .....	14
3.2. La teoría de las opciones .....	17
3.2.1. Opciones financiera .....	17
3.2.2. Opciones reales .....	20
3.2.3. Aplicación en proyectos de inversión en recursos naturales .....	22
3.2.4. Aplicabilidad de las opciones reales al sector forestal chileno .....	23
4. Objetivo general y específicos .....	25
5. Hipotesis .....	25
6. Material y métodos .....	26
6.1. Área de estudio .....	26
6.1.1. Relieve .....	27
6.1.2. Climatología e hidrología .....	27
6.1.3. Vegetación .....	27
6.1.4. Actividad económica .....	28
6.1.5. Rodal hipotético bajo estudio .....	28
6.2. Metodología .....	29
6.2.1. Simulación del creciminetto del rodal .....	29
6.2.2. Análisis económico del proyecto forestal .....	32
6.2.2.1. Estimación de la tasa de descuento .....	32
6.2.2.2. Determinación del turno óptimo .....	34
6.2.2.3. Determinación del precio medio del metro cúbico de madera .....	35
6.2.2.4. Valoración mediante el método tradicional del VAN .....	35
6.2.2.5. Aplicación de opciones reales .....	36
6.2.2.5.1. Modelo “Binomial Option Price Method” (BOP) .....	37
6.2.2.5.2. Modelo Black y Scholes (B&S) .....	39
7. Resultados .....	42
7.1. Simulación del creciminetto del rodal .....	42
7.2. Análisis económico del proyecto forestal .....	45
7.2.1. Tasa de descuento .....	45

7.2.2.	Determinación del turno óptimo.....	49
7.2.3.	Determinación del precio medio del metro cúbico de madera .....	51
7.2.4.	Valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) .....	52
7.2.5.	Aplicación de opciones reales .....	55
7.2.5.1.	Análisis de flexibilidad del sector forestal chileno .....	55
7.2.5.2.	Evaluación del valor de la opción “Retrasar el turno” .....	57
8.	Discusión y conclusiones.....	61
9.	Bibliografía.....	63
	Anexos .....	67
	Anexo N° 1 .....	68
	Anexo N°2 .....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla N°1. Analogías entre opciones reales y financieras (Mascareñas, 1998).....	19
Tabla N°2. Variables de entrada por hectárea para la simulación de un rodal de <i>Pinus radiata</i> D. Don ubicado en la región de Los Ríos.....	42
Tabla N°3. Serie de precios de la madera "País" en pesos chilenos entre los años 1984 y 2000, actualizados por IPC y su volatilidad para el mismo periodo en evaluación.....	46
Tabla N°4. Volatilidad de los precios ( $\sigma$ ) a partir de la varianza poblacional ( $\sigma^2$ ) de la serie de precios de la madera "País" en el periodo 1984-2000.....	46
Tabla N°5. Serie datos del índice general del precio de las acciones (real) en peso s chileno entre los años 1984 y 2000 y su variación para el mismo periodo.....	47
Tabla N°6. Volatilidad del IGPA (valor real) para el periodo 1984 al 2000.....	47
Tabla N°7. Valor de los Pagares reajustables con cupones emitidos por el Banco Central Chileno (PCR) y tasa libre de riesgo (rL) .....	49
Tabla N°8. Resultados del modelo CAMP .....	49
Tabla N°9. Precios y obtención del precio ponderado para el mix de productos que se obtienen de un árbol a la edad de cosecha de 24 años.....	52
Tabla N°10. Supuestos generales utilizados para la evaluación del proyecto forestal.....	53
Tabla N°11. Datos generales utilizados para la evaluación del proyecto forestal.....	54
Tabla N°12. Resultados obtenidos para el VAN y TIR del proyecto forestal, evaluados para una hectárea de superficie.....	55
Tabla N°13. Parámetros que se pueden identificar en inversiones forestales que son fuentes de flexibilidades y por lo que pueden transformarse en un valor añadido para el inversor.....	56
Tabla N°14. Evaluación de los costos involucrados al tomar la opción de espera del proyecto. Datos evaluados para una hectárea de superficie.....	58
Tabla N°15. Parámetros necesarios para aplicar el método B&S y el BOP.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura N°1. Diagrama de pagos para la posición “Call” en el momento de la expiración, donde (K) es el precio del ejercicio, ( $S^*$ ) es el precio de mercado de la acción sobre el cual se tiene la opción y (C) corresponde al valor de una Call (definido por la diferencia entre $S^*$ y K) a la fecha de expiración.....	18
Figura N°2. Localización de la zona bajo estudio. Región de Los Ríos, Chile. (Instituto Geográfico Militar, 2014).....	26
Figura N°3. Representación gráfica del modelo BOP con $n=3$ .....	37
Figura N°4. Representación gráfica del modelo BOP con $n=1$ .....	38
Figura N°5. Determinación del valor de la opción mediante el modelo BOP. C: Precio de la “call”; K: Precio de ejercicio .....	38
Figura N°6. Metros cúbicos ssc acumulados por hectárea para IS 25.....	43
Figura N°7. Tasas de crecimiento acumulado en porcentaje para IS 25 y 28.....	44
Figura N°8. Tasa de crecimiento anual (%).....	44
Figura N°9. Definición turno teórico óptimo a partir de la tasa de crecimiento anual (% de incremento) para un bosque de índice de sitio 25 y la tasa alternativa del capital (TAC) obtenida a partir del método CAPM.....	50
Figura N°10. Diagrama de obtención de productos y participación según la porción del árbol para una altura de 28,87 metros.....	51
Figura N°11. Aplicación del modelo BOP de valoración de opciones para una hectárea de superficie.....	60

## AGRADECIMIENTOS

---

Este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda de las personas de mí alrededor que me han acompañado durante este tiempo, por eso quiero agradecer:

Al Dr. Francisco Juárez Rubio, tutor del TFM, por confiar en mí no solo en este trabajo, sino en todo el tiempo que hace que nos conocemos y por apoyarme y darme la oportunidad de trabajar y aprender con él.

Al Ingeniero de Montes Claudio Muñoz Pereira, cotutor, por toda la información que me ha facilitado y por tener la paciencia necesaria para enseñarme y guiarme en este trabajo.

A los profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria por ayudarme siempre que lo he necesitado y por su confianza en mí.

A mis padres, hermanos y amigos por tener paciencia y animarme siempre a seguir mi formación.



## RESUMEN

---

Los proyectos de inversión en plantaciones forestales se caracterizan por tener implícitamente una gran incertidumbre debido a que son a largo plazo y, sobre todo, por las continuas fluctuaciones de los precios de la madera por su condición de “commodity”, lo que conlleva un alto riesgo a la hora de invertir. Este riesgo implícito puede llegar a convertirse en altas rentabilidades si combinamos correctamente una gestión gerencial activa con las oportunidades que brinda el mercado.

En el mundo financiero se han desarrollado unas metodologías denominadas de opciones financieras, capaces de valorar las flexibilidades del mercado, demostrando que son una fuente de valor añadido a la hora de invertir. La analogía de estas metodologías a los proyectos de inversión son las opciones reales, cuya única diferencia con las anteriores es que el activo sobre el que recae la opción es real, en este caso madera. En el presente trabajo se aplican dos métodos de opciones reales a la evaluación de proyectos de inversión de plantaciones de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) en la Región de los Ríos en Chile, y se comparan los resultados con los obtenidos por los métodos clásicos basados en criterios financieros como el VAN o el TIR.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Chile en las últimas décadas ha tenido un gran desarrollo gracias a las políticas aplicadas por el gobierno, que han fomentado las plantaciones de especies forestales. El punto de inflexión para este desarrollo fue el Decreto Ley de Fomento Forestal "Decreto Ley N°701" aprobado en el año 1974, que promocionó las plantaciones mediante bonificaciones económicas y como consecuencia se lograron recuperar miles de hectáreas de terrenos erosionables y/o erosionados.

Este sistema de bonificaciones, animó a muchos empresarios a invertir en el sector forestal y aumentó las oportunidades brindadas a los inversores, ya que disminuía el riesgo implícito de las inversiones a largo plazo. Como consecuencia el sector forestal se reactivó, desarrollando una industria silvícola, de empresas aserraderos y plantas de celulosa que potenciaban el valor añadido de las plantaciones.

Esta situación explica como Chile ha llegado a contar en 2011 con 2,4 millones de hectáreas de bosque artificial, que sumadas a las de bosque natural hacen un total de 16,2 millones de hectáreas en todo el país. Estos bosques artificiales son la base de la industria forestal, que es por detrás de la minería y de la industria, el tercer sector exportador del país. Dichas exportaciones alcanzaron casi 6 mil millones de dólares y a un 7,3% de las exportaciones totales del país en 2011 (INFOR, 2012).

Sin embargo, la modificación del D.L. N° 701 de 1974 mediante la ley 19.561 de 1998, reorientó su objetivo central, impulsando e incentivando la forestación en terrenos de pequeños propietarios, debido a que en los primeros veinte años de aplicación los principales beneficiados fueron grandes propiedades y empresas forestales. Esto provocó que las grandes empresas forestales dejaran de invertir en el sector al cesar de recibir la bonificación. De este modo, al riesgo implícito de las inversiones a largo plazo se añadió la baja rentabilidad a la que quedaron expuestas las actividades empresariales asociadas al cultivo de especies forestales, debido a los bajos precios internacionales de la madera y de la celulosa (productos catalogados como "commodities").

Además, como el método tradicional del Valor Actual Neto (VAN) utilizado para evaluar proyectos de inversión sesga la valoración de estos a la baja (Campa, 1994) al no tener en cuenta el valor del riesgo, se obtienen resultados con

rendimientos marginales y/o Tasas Internas de Retorno (TIR) muy bajos o incluso próximos a 0. Como consecuencia se produjo el abandono progresivo de este tipo de inversiones e incluso la deslocalización de muchas empresas a países con políticas forestales más intervencionistas y en pleno auge, como Argentina y Uruguay.

La capacidad empresarial para gestionar el riesgo, a pesar de ser una importante fuente de valor, no es considerada en los modelos tradicionales, como el VAN, pero es una hipótesis central en las nuevas metodologías capaces de valorar las habilidades y conocimientos gerenciales, como es el caso de las Opciones Financieras (Trigeorgis, 1993; Del Sol, 1999). Estas metodologías permiten predecir de forma más realista las rentabilidades y potencialidades de los proyectos, transformando el riesgo en una fuente de ventajas competitivas y logrando que proyectos aparentemente no rentables según los métodos de valoración tradicionales, expresen el verdadero valor y la rentabilidad que poseen para los inversores (Yap, 2004; Duku-Kaakyire y Nanang, 2004; Kallio et al., 2012).

Un método financiero extendido a proyectos de inversión, es el de Opciones Reales (Trigeorgis, 1993; Black y Scholes, 1973; Cox et al., 1979). La diferencia entre los métodos de opciones financieras y reales es que, en el segundo el activo subyacente que se pretende evaluar es un activo tangible, como lo es la madera. En el presente trabajo se estudia la aplicación de modelos de Opciones Reales en inversiones de capital en plantaciones forestales con el fin determinar el valor estratégico de los proyectos que se pretenden evaluar.

Para lograr el objetivo del trabajo, primero se simulará mediante un “software” específico el crecimiento de un rodal típico de *Pinus radiata* D Don. en la Región de los Ríos, para proceder posteriormente a su valoración económica utilizando las metodologías clásica y la de opciones reales.

## 2. ANTECEDENTES

---

Brennan y Schwartz (1985) valoraron una mina desarrollando un modelo de opciones bajo el enfoque de los derechos contingentes. Suponiendo precios variables, concluyeron que si son importantes las reacciones de carácter estratégico a las condiciones cambiantes del ambiente y la incertidumbre, entonces el modelo de opciones es preferible a los métodos tradicionales (VAN o TIR).

Morck et al., (1989) aplicaron por primera vez un modelo de opciones reales basado en los derechos contingentes desarrollado por Brennan y Schwartz (1985) para valorar una plantación de *Pinus halepensis* en Canadá. Admitiendo precios y stocks inciertos en el tiempo, concluyeron que esta metodología es preferible a los métodos clásicos de valoración cuando existe incertidumbre.

Plantinga (1998) puso de manifiesto la importancia del valor de las opciones para determinar el turno óptimo en plantaciones forestales cuando existe incertidumbre en los precios, y demostró que se puede aumentar el valor de las plantaciones teniendo en cuenta la flexibilidad. Concluyó que si una inversión es irreversible y el rendimiento futuro incierto puede ser más rentable retrasar la inversión con la finalidad de obtener más información por parte de los gestores y poderla así aprovechar mejor. Este es punto de partida de nuestro trabajo.

Azofra y de la Fuente (2000) manifiestan en su artículo que las opciones reales han sido muy utilizadas en el área de las inversiones en recursos naturales, específicamente el minero, citando también algunos ejemplos asociados a la industria del petróleo. E indican que la principal razón de su uso en esta área es la disponibilidad de datos. En base a ello, en otras industrias, tales como la de componentes automotrices y corporaciones tecnológicas, con resultados muy interesantes.

Hughes (2000), utilizó el modelo de Black & Scholes (1973) de opciones reales para obtener un valor “justo” de los activos forestales comercializados por la Corporación Forestal de Nueva Zelanda, mediante la valoración basada en los precios del activo subyacente en bosques gestionados bajo regímenes de arrendamiento a la Corona. Por otro lado, Yap (2004) analizó en Filipinas los contratos de arrendamientos de las plantaciones forestales y señaló que "El contrato de arrendamiento se modela como

una opción cuyo valor se deriva de la incertidumbre del mercado y de la irreversibilidad inherente a los costes irrecuperables necesarios para establecer plantaciones" (p. 315), y menciona que el valor de esta opción podría ser un factor significativo en las decisiones de planificación de los arrendatarios.

Duku-Kaakyire y Nanang (2004) evaluaron la rentabilidad de una inversión forestal mediante dos modelos diferentes: el modelo estático de Faustmann, en el que no se tienen en cuenta las incertidumbres que pueden aparecer, y el modelo BOP (Cox et al., 1979) o Binomial de valoración de opciones. Terminaron concluyendo que el modelo Faustmann "puede no proporcionar una decisión adecuada, ya que no valora adecuadamente la capacidad de gestión para adaptarse a los cambios en la economía, así como los riesgos y la incertidumbre" (p.539), y que "el reconocimiento de las opciones inherentes a un proyecto forestal y la estimación de los valores de tales opciones puede contribuir de manera significativa al valor de una oportunidad de inversión forestal " (p.551).

Recientemente, Hildebrandt y Knoke, (2011) llegaron a la conclusión que a pesar de que es intuitivamente claro que muchas de las decisiones a largo plazo deberían tener en cuenta la incertidumbre, la metodología para la valoración económica adecuada no está suficientemente desarrollada en la ciencia forestal, y sugieren que se necesitan más investigaciones para analizar la incertidumbre en la toma de decisiones forestales.

Finalmente, Kallio et al., (2012) aplicaron en Brasil un modelo de opciones reales para valorar las plantaciones de eucalipto. En este estudio se consideraron variables que describían un mercado incompleto marcado por la inestabilidad del país y concluyeron que " El alto valor de la opción real, alude a una atractiva oportunidad de inversión... Los resultados numéricos demuestran la importancia de las imperfecciones del mercado en los resultados de valoración" (p. 437).

### 3. MARCO TEÓRICO

---

Se distinguen principalmente dos tipos de decisiones empresariales; las de inversión estratégica y las de inversión no estratégica o trivial. Las primeras, son las más irreversibles, implican un mayor compromiso y tratan de reafirmar la empresa en el mercado, reduciendo los riesgos que resultan del progreso técnico (estrategia empresarial) y de la competencia. Las decisiones triviales son aquellas que se pueden revertir fácilmente y la decisión de llevarlas a cabo, normalmente, se toma sin haber realizado estudios profundos de su factibilidad (Ghemawat, 1991). Un ejemplo de una decisión no estratégica es comprar un terreno, ya que esta decisión admite arrepentimiento posterior sin mayor costo, mediante su venta (Del Sol, 1999).

Hasta ahora se han utilizado numerosos métodos de valoración y selección de decisiones de inversión, cuyo objetivo principal es maximizar el valor de las empresas. Los más comunes son los de flujo de caja descontados (FCD), que homogenizan las cantidades de dinero percibidas en diferentes momentos del tiempo.

Aunque las decisiones de inversión estratégica son por lo general pocas en una empresa, éstas son más complicadas de tomar, ya que su irreversibilidad obliga a predecir todas las posibles dimensiones a las que nos puede llevar el hecho de aplicarlas (flexibilidad), por lo que es insuficiente utilizar métodos simples de FCD donde sólo se obtienen valores medios de rentabilidad. Del Sol (1999) propone dos criterios a la hora de enfrentar este tipo de decisiones. El primero es el estratégico, que se basa en incluir en los modelos tradicionales FCD modelos de evaluación de opciones (Black y Scholes, 1973; Cox et al., 1979) y el segundo es el criterio de la competencia, que integra modelos de esquemas de estrategia competitiva (Michael, 1998; Ghemawat, 1991). En el presente trabajo utilizamos modelos de evaluación de opciones para la toma de decisiones estratégicas de inversión.



### **3.1. FLUJOS DE CAJA**

La evaluación tradicional de proyectos mediante flujos de caja descontados (FCD) es una técnica que ayuda a tomar decisiones y que según algunos autores como Kaplan y Ruback (1995) dan valores de mercado confiables. No obstante, cuando estas decisiones están ligadas a proyectos que se hallan dentro de ambientes de elevada incertidumbre (proyectos a largo plazo) y de alta competencia, dicha técnica presenta limitaciones, lo que puede llevar a una toma de decisiones sesgada (Campa, 1994). Además Baldwin y Clark (1994) también argumentaron que estos métodos subestiman las capacidades de gestión de los ejecutivos mediante su formación en temas financieros y de dirección de empresas. Según Del Sol (1999) las limitaciones de los métodos de flujos de caja se pueden clasificar en (1) malas prácticas, (2) incapacidad para cuantificar, (3) no evaluación de la flexibilidad bajo incertidumbre, y (4) no consideración de la competencia.

Las malas prácticas hacen referencia a que frecuentemente las limitaciones percibidas en la aplicación de los métodos de FCD son consecuencia de aplicaciones erróneas de estas técnicas, principalmente en temas asociados a tratamientos inadecuados de la tasa de descuento, que depende únicamente del riesgo, el cual se encuentra extremadamente ajustado y se considera constante, cosa falsa en la mayoría de casos, ya que este depende de la vida que le quede al proyecto y de su rentabilidad (Mascareñas, 1998).

La incapacidad para cuantificar beneficios y costos varía dependiendo de la complejidad del proyecto y de los ítems que se estén evaluando. Del Sol (1999) comenta que los impactos de reemplazar un equipo por otro son habitualmente fáciles de cuantificar, sin embargo aquellos asociados a la inversión en formación de personal no lo serían tanto. Por lo que con los sistemas administrativos de flujos de caja, las inversiones cuyos beneficios son más difíciles de cuantificar tienen menor probabilidad de ser seleccionadas.

Los métodos de FCD no consideran el valor de la flexibilidad (u opciones) del proyecto (la aportación de la gestión gerencial), por lo que fallan en aplicaciones estratégicas. Es por ello que Del Sol (1999) también señala que los modelos de

opciones ".pueden, a veces, ayudar a cuantificar beneficios y costos que bajo los modelos de flujos de caja tradicionales debían ser considerados como intangibles".

Finalmente, la no consideración de la competencia ignora, precisamente, la interacción entre las empresas y su implicación estratégica. Los métodos de FCD no consideraran el comportamiento actual de la competencia y su posible reacción frente al proyecto en estudio.

Existen varios criterios que utilizan los flujos de caja descontados, siendo los más utilizados sin duda; el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), la que corresponde a la tasa de descuento que iguala el VAN a cero, y según este criterio se acepta un proyecto si su TIR es superior a la tasa de descuento o lo que es lo mismo, al costo del capital (Del Sol, 1999).

Las carencias o limitaciones del método del VAN según Mascareñas (1998) son las siguientes:

- a) Los flujos de caja que se esperan del proyecto se valoran como constantes, y este supuesto implica la incapacidad de la dirección de alterar estos flujos mediante la adaptación de su gestión a las condiciones imperantes del mercado durante toda la vida del proyecto.
- b) Por otro lado, la tasa de descuento también se mantiene constante y depende únicamente del riesgo del proyecto. Supone que el riesgo es constante, cosa totalmente incierta ya que este es función de la vida del proyecto y de su rentabilidad, por lo que la tasa de descuento varía en el tiempo.
- c) Es necesario proyectar los precios futuros del mercado para aplicar el VAN. Esto es muy temerario en según qué tipo de sectores debido a la gran variabilidad de sus mercados.
- d) Se supone que los diferentes VAN son aditivos, y no se tienen en cuenta las posibles interacciones entre proyectos o la flexibilidad operativa.

El mismo autor, resume que las principales limitaciones de este método, anteriormente descritas, surgen a raíz de que fue creado inicialmente para la valoración de bonos sin riesgo y posteriormente se utilizó para la valoración de

proyectos reales. Sin embargo, la analogía apropiada para los proyectos que pretenden valorar recursos naturales o proyectos de I+D son las opciones reales desarrolladas a partir de las opciones financieras.

Mascareñas, (1998) igualmente señala que los métodos clásicos infravaloran el proyecto si este posee una flexibilidad operativa (por ejemplo, puede no hacerse, hacerlo más tarde o ahora) u oportunidades de crecimiento contingentes (capacidad de una organización para hacer frente al ambiente que le rodea). Las decisiones de ejecutar el proyecto o esperar, suponen un coste de oportunidad que el VAN ignora y que no se ve reflejado en el resultado final de la valoración, por lo que la regla de aceptar un proyecto si su VAN es positivo es incorrecta, ya que se debe incorporar el valor de este coste de oportunidad. Del mismo modo, se debe entender la flexibilidad como la capacidad que dispone la dirección para tomar decisiones y obtener el máximo partido del riesgo de los flujos de caja (entendiendo el riesgo como una fuente de valor para los proyectos). Esta flexibilidad es especialmente importante en empresas relacionadas con “commodities”, como es el caso del presente estudio.

Este mismo autor lo explica muy bien con el siguiente ejemplo: *“...Imagine un proyecto de inversión cuyo desembolso inicial sea de 450 millones de euros y cuyo valor actual de los flujos de caja esperados es, en promedio, igual a 406,71 millones, su VAN medio es una media... la dispersión de dicho valor medio por la desviación típica es del 55,84% así que el VAN que realmente se obtenga si se realiza el proyecto puede ser muy positivo o muy negativo... En conclusión, el VAN medio esperado es negativo pero la volatilidad del proyecto es tan grande que si se espera a ver cómo evoluciona la demanda se pueden obtener grandes ganancias si dicha evolución es favorable.”* (Pag.2)

Por estas razones los expertos están desarrollando modelos de opciones para evaluar proyectos "estratégicos", que consideren la incertidumbre y la flexibilidad de los mismos (Del Sol, 1999).

## **3.2. LA TEORIA DE LAS OPCIONES**

### **3.2.1. OPCIONES FINANCIERAS**

Las opciones financieras son un elemento positivo para el desarrollo de todo mercado de capitales, debido a que permiten cubrir a los inversores de la incertidumbre del mercado de una forma eficiente (Danus, 1990). El término opción viene definido como el derecho a comprar o a vender un activo a un precio y en una fecha o en un plazo señalado previamente en un contrato. Estos contratos pueden recaer sobre diversos activos: edificios, solares, fincas rusticas, valores mobiliarios, etc. Fijémonos por ejemplo, en un contrato de opción sobre una acción ordinaria (activo financiero de carácter negociable que representa una parte alícuota del capital social de una empresa y, por lo tanto, da a su poseedor la legitimidad de ser un socio-propietario de la empresa que lo emite) en donde se pueden distinguir dos tipos de opciones principales (Danus, 1990 y Cortázar, 2001):

- a) Opción de compra o “call”: Su poseedor (comprador o adquiriente) tiene el derecho (pero no la obligación) a comprar un determinado número de acciones ordinarias a un emisor de la opción a un precio fijado previamente (precio de ejercicio) y en una fecha o dentro de un plazo estipulados.
- b) Opción de venta o “put”: Su poseedor (comprador o adquiriente) tiene el derecho (pero no la obligación) de vender un determinado número de acciones al vendedor (emisor) de la opción a un precio establecido (precio de ejercicio) y en una fecha o dentro de un plazo.

El activo sobre el que recae la opción se llama “activo subyacente” que en este caso sería la acción ordinaria, en cambio a la opción en si se la denomina “activo derivado o contingente”. Tampoco deben confundirse los términos “precio de ejercicio” de la opción, que es el precio al que se tiene derecho adquirir el activo subyacente, con el “precio de la opción” que equivale a lo que el comprador paga al vendedor en el momento de la adquisición de la opción (prima). Una opción tiene cuatro características fundamentales que la definen:

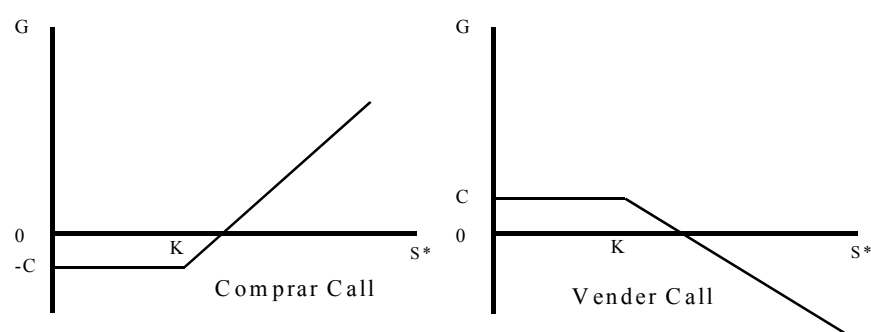
- el tipo de opción (compra, "call" o venta, "put")
- el activo subyacente
- la cantidad de subyacente que permite comprar o vender el contrato de opción,

- la fecha de vencimiento y el precio de ejercicio de la opción.

De igual manera, en el momento de suscribirse la opción el comprador le paga al vendedor una prima (precio de la opción) para comprometer al vendedor a que lo compense en caso que ejerciera la opción a su vencimiento. En este sentido Mascareñas (1998) señala que dicha prima cotiza en el mercado y su valor va a depender de diversos factores tales como:

- Cotización del activo subyacente.
- Precio de ejercicio de la opción.
- Volatilidad.
- Tipo de interés de mercado monetario.
- Tiempo restante hasta el vencimiento.
- Dividendos (sólo para opciones sobre acciones).

Si analizamos el diagrama de compra de una opción “call” en la figura n°1, es posible inferir que dicha opción provee, a un determinado precio, un seguro ante posibles pérdidas en el mercado de las acciones (Danus, 1990). Las pérdidas están acotadas al “precio de la opción”, ya que si las acciones caen por debajo del “precio de ejercicio”, lo único que pasa es que la opción “call” en este caso pierde su valor y por lo tanto esas son las pérdidas máximas para el inversor.



**Figura N°1.** Diagrama de pagos para la posición “call” en el momento de la expiración, donde (K) es el precio del ejercicio, (S\*) es el precio de mercado de la acción sobre el cual se tiene la opción y (C) corresponde al valor de una “call” (definido por la diferencia entre S\* y K) a la fecha de expiración. Fuente: Brealey y Myers, (1996)

La valoración de opciones se lleva a cabo en un gran número de mercados, en donde, además de la opción sobre acciones ordinarias individuales, también existen opciones sobre índices de acciones, bonos, productos y moneda extranjera (Brealey y Myers, 1996).

Myers, (1977) propuso por primera vez aplicar la teoría de opciones a la valoración de proyectos de inversión. Según Mascareñas (1998) la posibilidad de realizar un proyecto de inversión tiene un gran parecido con la oportunidad de adquirir una acción (opción “call”). De este modo, ambas implican el derecho (pero no la obligación) de adquirir un activo pagando una cierta cantidad de dinero en un momento previamente establecido. La diferencia substancial entre opciones financieras y reales es que en el segundo caso el activo subyacente es un activo real, como por ejemplo un bien inmueble, una empresa, etc. El mismo autor describe la analogía entre opciones reales y financieras de la siguiente manera:

**Tabla N°1.** Analogías entre opciones reales y financieras.

	Opciones reales	Opciones financieras
<b>Precio de mercado del activo (<math>S^*</math>)</b>	Precio del activo subyacente real	Precio del activo financiero subyacente
<b>Precio de ejercicio (<math>K</math>)</b>	Desembolsos requeridos para adquirir el activo en el plazo de vencimiento de la opción	Precio de ejercicio al que se tiene derecho adquirir el activo financiero
<b>Vencimiento de la opción (<math>T</math>)</b>	Tiempo que se puede demorar la decisión de realizar la opción	Tiempo hasta el vencimiento de la opción de compra
<b>Precio de la Opción (<math>C</math>)</b>	Valor de la opción (en nuestro caso valor de opción de gerencia activa)	Valor de la opción de compra (prima)

Fuente: Mascareñas, (1998).



Para valorar estas opciones la literatura señala principalmente dos métodos, siendo el primero de ellos la fórmula de Black y Scholes (B&S; Black y Scholes, 1973) y el segundo hace referencia al modelo “*Binomial Option Price Method*” (BOP; Cox et al., 1979) o Binomial. El segundo supone, en cada una de sus etapas que sólo pueden ocurrir dos cosas: un resultado excelente y otro pésimo (con sus correspondientes probabilidades). El primero, la fórmula de B&S, es más realista, y supone una función continua de resultados.

### **3.2.2. OPCIONES REALES**

Los mercados actuales están caracterizados por el cambio, la incertidumbre y las interacciones competitivas que lo más probable es que hagan variar los flujos de caja supuestos en el proyecto inicialmente. A ello, se le agrega la incertidumbre en las condiciones del mercado, que influyen en los flujos de caja futuros, pero que a su vez otorgan la oportunidad a los gerentes de utilizar la flexibilidad operativa para capitalizar las oportunidades favorables futuras o para mitigar las pérdidas (Trigeorgis, 2000).

Como se ha comentado, el criterio VAN y otros métodos basados en FCD, no son adecuados para evaluar inversiones, ya que se basan en promedios de rentabilidad y no capturan el valor de la flexibilidad de la gestión de los gestores, que permite revisar y adaptar los proyectos, en respuesta a los cambios de los mercados. Esta variabilidad de resultados exige una extensión de la regla del VAN que refleje el valor de las decisiones gerenciales estratégicas, para ello Trigeorgis (2000) propone la siguiente ecuación:

$$VAN_{Estratégico} = VAN_{Estático} + Valor\ de\ la\ opción\ de\ una\ gerencia\ activa \quad [1]$$

Este modelo plantea que ante la existencia de riesgo en los proyectos a ejecutar, este puede aumentar el valor de los activos. De esta manera la simple existencia de riesgo, como por ejemplo la variabilidad de los precios futuros, no necesariamente reduce el valor de un proyecto si éste mantiene la flexibilidad de poder adaptarse y reaccionar a los cambios de su entorno, limitando sus pérdidas y aprovechando las oportunidades que le ofrecen las nuevas condiciones del mercado. En resumidas cuentas, según Brealey y Myers (1996), la dirección tiene la oportunidad de actuar porque muchas oportunidades de inversión tienen opciones reales en sí mismas, opciones que la dirección puede ejecutar cuando sea interesante para la empresa

hacerlo. Ante esta situación, los modelos basados en FCD perderían este valor extra porque tratan implícitamente a la empresa como un inversor pasivo.

Brealey y Myers (1996), describen tres tipos de opciones reales comunes e importantes encontradas en los proyectos de inversión de capital:

- a) La opción de hacer inversiones continuadas (ampliar) si el proyecto de inversión anterior fue un éxito, incluyendo las opciones de expansión geográfica.
- b) La opción de abandonar un proyecto y
- c) La opción de esperar (diferir y aprender) antes de invertir.

No obstante Mascareñas (1998) agrega dos alternativas más de opciones reales:

- d) La opción de reducir (ajustar la capacidad productiva).
- e) La opción de cerrar temporalmente las operaciones cuando los ingresos son reducidos versus los costos involucrados.

Según Cortázar (2001), El concepto básico que existe detrás de las opciones reales, es que una empresa tiene la flexibilidad de cerrar sus operaciones cuando tiene pérdidas sostenidas. Por lo que, la empresa tiene una responsabilidad limitada y no ha de incurrir en pérdidas superiores a la totalidad de sus activos.

Estas mismas opciones son capaces de reflejar el "valor estratégico" que significan las inversiones de hoy como generadoras de oportunidades para el futuro, cosa que ni el VAN ni los análisis de utilidades son capaces de reflejar ante entornos fluctuantes y con riesgos permanentes.

En consecuencia, la teoría de opciones aplicada a activos o proyectos subyacentes reales, establece que al limitar las pérdidas, la incertidumbre se transforma en una fuente de valor, debido a que a mayor incertidumbre mayor es la ganancia potencial, pero las pérdidas siguen limitadas a los activos de la empresa, al igual que lo que implicaría no ejecutar una opción o limitarla sólo al valor de la prima.

Además del desarrollo teórico de las opciones descrito hasta ahora, Trigeorgis (2000) señaló que el uso en casos prácticos de las opciones reales se ha incrementado mucho. Como por ejemplo en inversiones en recursos naturales,

desarrollo territorial, "leasings", fabricación flexible, subsidios y regulaciones gubernamentales, investigación y desarrollo, inversión exterior estratégica, etc.

### **3.2.3. APLICACIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN EN RECURSOS NATURALES**

Las opciones disponibles en los proyectos de inversión han sido señaladas por Brealey y Myers (1996), Mascareñas (1998), Trigeorgis (2000) y Azofra y de la Fuente (2000). Estos autores señalan que es posible encontrar estas opciones reales en proyectos de inversión, cuando en estos se hace factible identificar elementos tales como:

- El proyecto posee elevada inversión inicial.
- El proyecto presenta un prolongado periodo de evaluación.
- El proyecto contempla una serie considerable de periodos iniciales con flujos de caja negativos.
- Los productos que considera el proyecto presentan características de "commodities".
- Para la evaluación del proyecto existen una adecuada disponibilidad de bases de datos del mercado en que actuará.
- Existen subsidios estatales que incentivan el desarrollo del negocio.
- El mercado en que se insertará el proyecto presenta alta incertidumbre que podrían afectar tanto la ejecución del proyecto como a sus retornos.

La evaluación de proyectos de recursos naturales es complicada debido al alto grado de incertidumbre de las variables que se consideran. En este aspecto la metodología de opciones reales es muy eficiente a la hora de captar la incertidumbre. A partir de los elementos identificados por Trigeorgis (2000) y Azofra y de la Fuente (2000) es posible determinar analogías en las características de los proyectos de inversión de recursos naturales, y de este modo los elementos identificados señalarían que el modelo de las opciones reales es una alternativa factible en la evaluación de proyectos de inversión en recursos naturales. Brennan y Schwartz (1985) fueron los primeros en desarrollar un modelo de opciones reales para la valoración recursos naturales. En el ámbito de los recursos forestales,

Morck et al., (1989) utilizaron el enfoque de Brennan y Schwartz (1985), llegando a la conclusión que, en la valoración de recursos forestales, donde los precios y los inventarios son estocásticos y por lo tanto inciertos en el tiempo, es preferible utilizar las metodologías de opciones. Otros autores que han utilizado la valoración de opciones en la valoración forestal son Plantinga (1998), Hughes (2000), Yap (2004), Duku-Kaakyire y Nanang (2004), entre otros.

En los proyectos de inversión en plantaciones forestales, aunque no existe mucha información, es factible identificar opciones reales mediante analogías con las alternativas descritas por Mascareñas (1998) y Brealey y Myers (1996) para proyectos de inversión en otras áreas. Por ejemplo: en un proyecto de creación de un bosque se podría considerar la opción de posponer su tala en espera de mejores oportunidades que determinen el momento óptimo de su ejecución o bien la opción de adelantar la tala debido, por ejemplo, a la oportunidad de obtener precios mejores. También podría darse la necesidad de obtener un determinado producto en un momento determinado del tiempo, antes o después del planificado, lo que otorgará al proyecto la opción de maximizar su flexibilidad producto de aprovechar las mejores condiciones de mercado en un momento dado, aprovechando de esta forma, la parte "positiva" del riesgo involucrado, transformando su gestión en valor para el proyecto.

#### **3.2.4. APLICABILIDAD DE LAS OPCIONES REALES AL SECTOR FORESTAL CHILENO**

En Chile aún no se ha utilizado la teoría de opciones reales para la valoración de los recursos forestales, aunque se prevé que sea una nueva metodología a explorar para captar el valor de la flexibilidad en proyectos forestales y mantener las inversiones en dicho sector.

El sector forestal es uno de los sectores más importantes para el crecimiento económico de Chile. Del total de las exportaciones para el año 2011 un 59,75% provinieron de los recursos mineros (cobre, prácticamente en su totalidad), 21,66% de la industria (sin incluir la industria forestal) y finalmente, un 7,32% del sector forestal, convirtiéndolo en el tercer sector exportador de Chile con un valor de MUS\$

5.906 FOB (INFOR, 2012). El sector forestal es el más importante de los basados en recursos naturales renovables.

El crecimiento que sufrió este sector ha sido debido principalmente a las políticas de desarrollo establecidas por la autoridad política. En 1974 se dictó el Decreto Ley 701 de Fomento Forestal con una vigencia de 20 años y con el objeto de incentivar la forestación y su manejo en terrenos forestales. De hecho, se estipuló que el Estado a partir de 1974, subsidiaría en un 75% el costo de las plantaciones en aquellos terrenos calificados de aptitud forestal. A este Decreto Ley lo acompañó una política económica y forestal orientada a minimizar los riesgos a largo plazo a través de incentivos directos e indirectos garantizando la producción y eliminando prohibiciones a la exportación del recurso (Pizarro, 2000).

Todo esto provocó una gran expansión del sector y el país logró cultivar en 20 años 1,8 millones de hectáreas. Esta innovadora ley dio a los bosques una importancia de talla mundial, comparables a los de Australia, Nueva Zelandia y Sudáfrica. Las multinacionales que buscaban invertir en América Latina lo hacían en Chile dado que éste le ofrecía las condiciones necesarias para realizar inversiones en este sentido.

No obstante, en la segunda mitad de los años noventa, la tasa de crecimiento del sector se contrajo debido a varios factores como son; una fuerte caída de los precios de la celulosa y de la madera, la crisis financiera que se desató a finales de 1997 en Japón, Corea y otros países asiáticos que comprometió la demanda de dichos países de productos forestales chilenos, el dictamen de una resolución judicial en el mismo año por una corte Norteamericana, que prohibió otorgar permisos de exportación a países con bosques templados como es el caso de Chile, a que varios países de la región imitaron el ejemplo chileno convirtiéndose en competidores en el comercio internacional, y por último, el fin de la vigencia del D.L. 701 (que posteriormente fue aplazado en dos años más, hasta 1996), derivó en un descenso en la tasa anual de forestación y en una pérdida creciente, por parte de los inversores nacionales y extranjeros, del interés por desarrollar nuevas inversiones en el sector forestal chileno ante alternativas más atractivas en países vecinos.

A pesar de todo, Chile en 2011 aun participaba de alrededor de un 2% en el mercado internacional de madera aserrada (FAO, 2011) por lo que el sector forestal es considerado como un importante agente de desarrollo dentro de las políticas nacionales. Lo anterior se manifiesta en una oportunidad importante para el sector forestal chileno dada la cantidad y calidad del recurso disponible y de las amplias alternativas de producción basadas en este recurso. Debido a lo anterior, se ha seleccionado un bosque de clara orientación comercial para la aplicación que se hace en el presente trabajo de los modelos de opciones reales, concretamente en una plantación de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) en la Región de los Ríos, de Chile.

#### 4. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

---

Debido a los antecedentes expuestos, el objetivo principal de dicho trabajo es el de responder a la pregunta: **¿Es posible aplicar la metodología de opciones reales a proyectos de inversión en plantaciones forestales en Chile?**

Para llegar a satisfacer el objetivo principal, se plantearon los siguientes objetivos específicos

- Determinar si existen oportunidades de creación de valor para los propietarios mediante una gestión gerencial activa a través de la evaluación de las fuentes de flexibilidad del sector forestal.
- Identificar las variables financieras que más influyen en el sector forestal Chileno.
- Aplicar la metodología a un caso práctico.

#### 5. HIPOTESIS

---

Las hipótesis que se contrastaron para alcanzar los objetivos fueron:

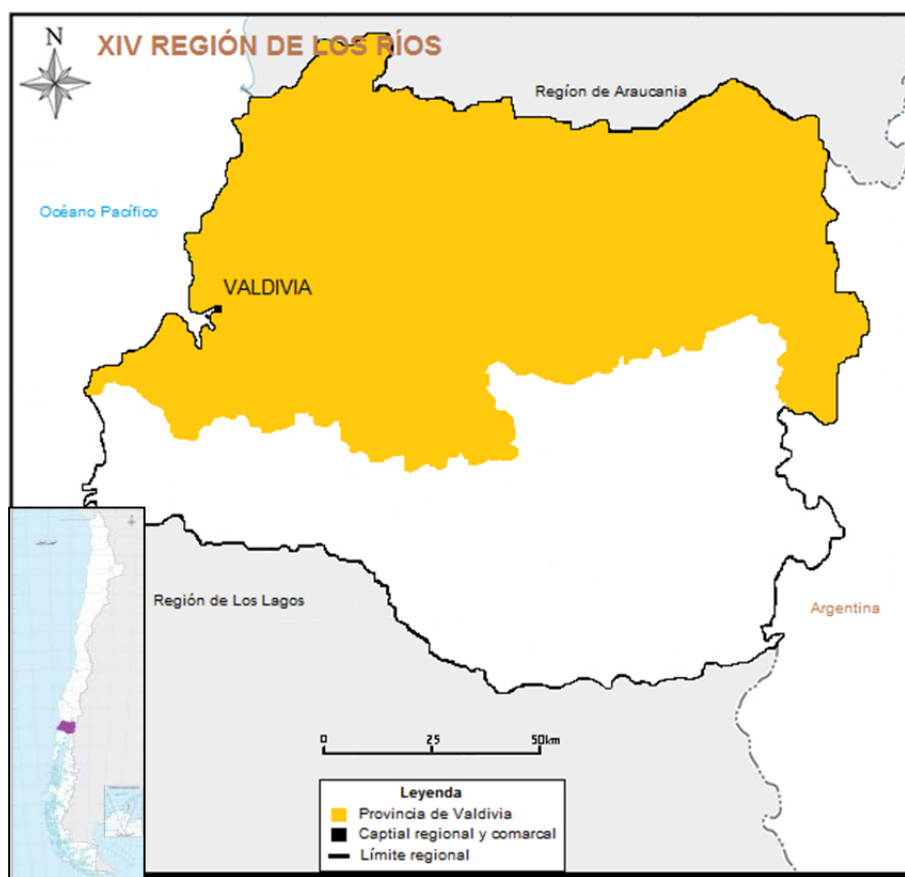
- Existen flexibilidades en el sector forestal creadoras de valor para los propietarios.
- Es posible identificar las variables financiera que más influyen en el sector forestal chileno
- Es posible aplicar la metodología de opciones reales a un caso practico



## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1. ÁREA DE ESTUDIO

Chile se divide administrativamente en quince regiones, que a su vez se dividen en provincias. La región de interés para el presente estudio es la Región de los Ríos (n° XIV) que se divide en dos provincias, siendo en la provincia de Valdivia, cuya capital lleva el mismo nombre ( $39^{\circ} 48' 00''$  S,  $73^{\circ} 13' 59''$  W), donde se concentran la mayoría de plantaciones forestales. Dicha región limita al norte con la Región de la Araucanía, al sur con la Región de Los Lagos, al este con la República Argentina y al oeste con el Océano Pacífico. (Figura n°2).



**Figura N°2.** Localización de la zona bajo estudio. Región de Los Ríos, Chile. Fuente: Instituto Geográfico Militar (2014).

### **6.1.1. RELIEVE**

La superficie de la región es de 18.429,5 km<sup>2</sup> en la que se distinguen cuatro zonas de relieve: La Cordillera de los Andes al este, que descende en altitud de norte a sur, de origen volcánico y cuyas altitudes máximas corresponden a los volcanes de Choshuenco, a 2.415 m y Puyehue, con 2.240 m sobre el nivel del mar, la Sierra de la Costa que en esta zona es un cordón montañoso de menor altitud que en otras latitudes, las Llanuras Litorales recorridas por ríos y esteros que desembocan al océano y la Depresión Intermedia que es un valle longitudinal entre los Andes y la Sierra de la Costa donde se desarrolla la mayor parte de la ganadería y de la agricultura gracias a sus formaciones edafológicas ricas en sedimentos de origen glacial y fluvial (PROT, 2013).

### **6.1.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA**

La región tiene un clima oceánico, templado lluvioso con influencia mediterránea. Las lluvias se distribuyen durante todo el año (343 mm mensuales) intensificándose en los meses de marzo a setiembre (646 mm mensuales) y siendo el promedio anual en Valdivia de 1.900 mm. La ciudad de Valdivia presenta una temperatura promedio anual de 12 °C y una amplitud térmica entre 8,8 °C y 9,6 °C, siendo el mes más cálido enero (17,2 °C promedio) y el más frío julio (7,6 °C promedio) (PROT, 2013).

Existe una extensa red fluvial debido a la acción erosiva de los glaciales de los Andes, dominada por la cuenca del río Valdivia (subcuencas río Calle Calle y Cruces) que posee una superficie que alcanza los 9.040 Km<sup>2</sup>, una longitud de 200 km y un caudal medio de 687 m<sup>3</sup>/seg y por el río Bueno con una cuenca de 7.180 km<sup>2</sup>, una longitud de 130 km y un caudal medio de 570 m<sup>3</sup>/seg (PROT, 2013).

### **6.1.3. VEGETACIÓN**

Dada su climatología, la vegetación nativa dominante es el bosque caducifolio templado que se distribuye en la depresión intermedia y cuenta con especies como el roble (*Nothofagus obliqua*) o el Rauli (*Nothofagus alpina*) y la selva valdiviana o bosque hidrófilo templado distribuido por la base y las laderas de los Andes y la Cordillera de la Costa caracterizada por ser siempreverde y tener una vegetación muy densa de Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), Tapa (*Laureliopsis philippiana*), Laurel (*Laurelia sempervirens*), alerce (*Fitzroya cupressoides*), canelo (*Drimys winteri*) y

avellano (*Gevuina avellana*) entre otras y un sotobosque de Helechos y Quilas (*Chusquea quila*) que la hacen impenetrable (PROT, 2013). Aunque existe una gran superficie de plantaciones de monte artificial con especies de rápido crecimiento y aptitud maderera.

#### **6.1.4. ACTIVIDAD ECONÓMICA**

Debido a que la superficie boscosa representa un 58% de la superficie total de la región, esta basa su actividad económica principalmente en actividades silvícolas y en industrias forestales como aserraderos y plantas de celulosa. Las especies más usadas son el pino insigne (*Pinus radiata*) y el eucalipto (principalmente *Eucalyptus glóbulus* y *E. Nitens*), provenientes de plantaciones artificiales que representan un 18% del total del bosque en la región. Todo el sector empleaba en 2011 a 3.871 personas, que equivale al 1% de la población de Los Ríos. (INFOR, 2012). Otras actividades importantes en la zona son la agroalimentaria y la turística.

#### **6.1.5. RODAL HIPOTÉTICO BAJO ESTUDIO**

Para el desarrollo de esta investigación se ha planteado como unidad de análisis un rodal de 1 hectárea situado en la provincia de Valdivia que crece y se desarrolla en condiciones normales, de modo similar a las plantaciones artificiales existentes en la zona de carácter productor y que se encuentra sometida a un manejo silvícola cuya intensidad se asocia a las características del sitio.

Debido a su importancia económica, la especie que se evalúa en el presente trabajo es el pino insigne (*Pinus radiata* D. Don), de la familia de las pináceas. Esta especie ha demostrado un gran éxito de adaptación en sitios erosionados y/o marginales, llegando en 2011 a representar un 61,8% de la superficie total de bosque artificial en Chile y un 55,5% en la Región de los Ríos con 105.534,5 ha plantadas (INFOR, 2012).

Esta especie se caracteriza por presentar en Chile rápidos crecimientos, producto de su excelente adaptación al país, lo que representa en términos productivos, excelentes rendimientos en metros cúbicos por hectárea/año de madera producida con una gran variedad de calidades y por lo tanto de productos, según los manejos realizados en función de los objetivos con los que fue establecida la plantación.

## 6.2. METODOLGÍA

Para satisfacer el objetivo principal del presente estudio, se ha planteado la valoración económica de una plantación tipo de *Pinus radiata* D Don. situada en la región nº XIV de la siguiente manera:

- a) Caracterización de la zona hipotética bajo estudio y simulación del crecimiento del rodal mediante un “software” especializado para cuantificar el volumen de “stock” en forma de madera acumulada en el bosque a lo largo de un periodo.
- b) Para satisfacer el segundo objetivo específico se estimaron los parámetros económicos y financieros necesarios para ejecutar la valoración dentro del contexto de valoración de los recursos naturales a partir de series de datos históricos (Precios de mercado, tasa de descuento, etc.).
- c) Determinación del turno financiero óptimo y valoración del proyecto forestal mediante la metodología tradicional del VAN.
- d) Identificación de las opciones existentes en estos tipos de proyectos, satisfaciendo así el objetivo específico primero y evaluación mediante la metodología B&S (Black y Scholes, 1973) y el método BOP (Cox et al., 1979), con el objetivo de estimar el valor añadido de una gestión gerencial activa y de comparar los resultados con el VAN, el cual se utiliza como base comparativa.
- e) Obtención del VAN estratégico utilizando la fórmula de Trigeorgis (2000) satisfaciendo finalmente el objetivo específico tercero.

### 6.2.1. **SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL RODAL**

La productividad de una plantación es función de la especie, la edad, la densidad, y la calidad del sitio; los tres primeros dependen de las decisiones gerenciales, los manejos silvícolas y del tiempo, pero el cuarto es inherente al lugar, por eso es fundamental para planificar las inversiones forestales conocer la calidad de sitio de la zona en cuestión. La medida de calidad de sitio más utilizada en rodales coetáneos es el índice de sitio (IS), definido como la altura dominante del rodal ( $h_0$ ) a la edad de 20 años (Daniel, 1982). Los resultados y las decisiones que se toman a la hora de gestionar un proyecto forestal, dependen fundamentalmente del IS, ya

que este finalmente define la productividad del bosque. Los diferentes índices de sitio condicionan la composición de:

- Los esquemas silvícolas de manejo.
- Los tipos de productos obtenidos.
- Los tiempos para la producción de un volumen y/o producto determinado por unidad de superficie.
- La superficie de equilibrio para satisfacer la producción de madera demandada por un proyecto determinado.
- El efecto sobre el nivel de endeudamiento del proyecto para satisfacer la condición anterior.
- La plusvalía del proyecto.

García (1970) desarrolló una familia de curvas anamórficas (el cociente entre las alturas dominantes de dos curvas es constante) para diferentes regiones Chilenas y determinó que el IS promedio para la zona de Valdivia era de 24,9. Por lo que utilizamos un IS de 25 en el presente estudio, ya que representa un escenario similar al de una plantación hipotética propiedad de una empresa forestal que practica la silvicultura intensiva y que hace de esta actividad su negocio dentro de la zona de Valdivia. A demás el límite para los inversores en cuanto a la productividad en las plantaciones chilenas de *P. radiata* se sitia en un IS de 25, siendo en este punto donde estos se empiezan a plantear el no invertir.

Por otro lado, los bosques son ecosistemas dinámicos. Por esta razón, en los últimos tiempos ha surgido la necesidad de desarrollar instrumentos que permitan predecir estas dinámicas y que ayuden en la toma de decisiones. En este sentido, desde hace unas décadas se ha empezado a desarrollar modelos de simulación del crecimiento y rendimiento en masas coetáneas a partir de tablas de producción (Newnham, 1964; Voukila, 1965) así como modelos para masas irregulares (Moser y Hall, 1969).

Los modelos predicen el crecimiento de un bosque utilizando características del lugar y diferentes opciones de gestión silvícolas como variables de entrada. Constituyen una herramienta importante para la toma de decisiones en la gestión sostenibles de los montes. Como describe en su trabajo Davis et al., (2001), se

pueden distinguir básicamente, tres tipos de simuladores de crecimiento y rendimiento forestal basados en: 1) Modelos de rodal, 2) Modelos de distribuciones diamétricas y 3) Modelos de árbol individual.

Los de rodal se basan en sistemas de ecuaciones que describen el desarrollo de este en función de la evolución temporal de variables dasométricas básicas como, la altura media o dominante, el área basal o el número de árboles por hectárea. Por otra parte, los modelos diseñados a partir de distribuciones diamétricas estiman la estructura de la masa mediante una función de densidad o distribución que se ajuste a las distribuciones diamétricas, por lo que la masa queda caracterizada por distintas clases diamétricas con un árbol tipo en cada clase (Gadow et al., 2001).

Finalmente, los de árbol individual, son mucho más precisos que los anteriores ya que describen un mosaico de árboles individuales a través de la simulación de sus interacciones y se basan en el estudio de los condicionantes del crecimiento a un nivel más detallado, para posteriormente deducir variables a nivel de masa mediante metodologías de agregación (Castedo, 2003; Pretzsch et al., 2006).

De este modo, los modelos de crecimiento y rendimientos permiten simular diferentes escenarios de sistemas silvícolas en función de varios criterios. Alegría (2011) publicó una revisión hecha especialmente en España para diferentes especies (Rio and Montero, 2001; Rodrigues-Soalheiro et al., 2000; Palahi et al., 2002; Palahi et al., 2003; Bravo and Díaz- Balteiro, 2004). También es posible incorporar en los modelos variaciones como por ejemplo el efecto del riesgo de incendios (Rojo et al., 2005; Gonzalez et al., 2005) o la producción de otros bienes no maderables junto con la madera (Bravo and Diaz-Balteiro, 2004).

En Chile se han desarrollado para pino insigne 5 versiones de un simulador llamado “Radiata”, siendo la primera versión (Radiata 1.0) un modelo de simulación agregado de rodal (Morales et al., 1979) y la última “Radiata Plus V.4.0” basada en un modelo de árbol individual (Peters et al., 1999). En el presente estudio se simuló el crecimiento del rodal hipotético mediante la primera versión del simulador “Radiata”, desarrollado por un consorcio de empresas forestales y la Universidad Austral de Chile a partir de datos de inventarios obtenidos de las distintas zonas de crecimiento definidas, con el objetivo de conocer el volumen de madera disponible, ya que este dato es el que proporciona la información sobre el “stock” en pie en el



rodal mientras este crece. Este simulador permite predecir crecimientos a partir de cuatro años hasta una edad máxima de treinta. Con motivo de adaptar este estudio a la realidad, los atributos de entrada para el simulador así como las prácticas silvícolas aplicadas al rodal hipotético se dedujeron a partir de la información proporcionada por tres “*chief executive officer*” (CEO’s) entrevistados, y por el Manual No. 14 del Instituto Forestal (INFOR, 1984), información que se corresponde con la empleada en sus operaciones por parte de las empresas forestales consultadas.

Según Hasenauer (2006), los resultados de los simuladores pueden ligarse posteriormente a análisis económicos para poder predecir los beneficios bajo diferentes escenarios según; alternativas silvícolas, rendimientos por tipos de productos, volumen por clases de calidad, etc. En la actualidad, los criterios más utilizados para evaluar la eficiencia económica en los modelos son; el VAN de una serie infinita o Valor Esperado del Suelo (VES) o Faustman. Estos criterios hasta el momento han sido útiles, permitiendo comparar varios escenarios (Peyron et al., 1998) y permitiendo también, determinar el turno óptimo (Díaz-Balteiro y Romero, 1995).

La integración de la incertidumbre en estos modelos ha sido discutida por Pasalodos-Tato et al., (2013) quien afirma que la flexibilidad y el análisis de opciones puede ser un nuevo enfoque muy interesante. Atendiendo a todo lo anterior, los simuladores se pueden definir como una herramienta de manejo de carácter estratégico de gran utilidad para la valoración de proyectos.

## **6.2.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO FORESTAL**

Los valores que se presentarán en el análisis económico representan la ejecución del proyecto forestal de una empresa que desarrolla el negocio bajo una perspectiva profesional e intensiva en capital. Dichas empresas son precisamente las que en un futuro próximo, podrán acceder al mercado de opciones.

### **6.2.2.1. Estimación de la tasa de descuento**

Para estimar la tasa de descuento (Costo de capital) se utilizó el método de CAMP (del inglés “Capital Asset Pricing Model”) ampliamente descrito, por ejemplo, en

Brealey y Myers (2003) y Suárez (2005), y desarrollado de forma paralela y simultáneamente por Sharpe (1964) y Lintner (1965) que se inspiraron el modelo de Markowitz (1959) en la que se plantean las ventajas de diversificar inversiones para reducir el riesgo. El modelo CAMP se aplica bajo los supuestos siguientes:

- Mercados en equilibrio (Oferta= Demanda).
- La oferta de activos financieros con riesgo está dada de forma exógena y son perfectamente divisibles.
- El tipo de interés al que se remuneran los fondos es igual al que se paga por disponer de capitales ajenos.
- No existen costes de transición, ni impuestos.
- Los inversores buscan el punto óptimo entre rentabilidad y riesgo (Modelo media-variancia de Markowitz, (1959).
- Los inversores poseen igual información, por lo que sus expectativas de rentabilidad y riesgo son idénticas para cada activo.

Se trata de una herramienta para la valoración de activos financieros, según la cual en un mercado financiero en equilibrio el rendimiento de los activos con riesgo ha de ser igual al rendimiento de los activos financieros libres de riesgo, más una prima que compense al inversor del riesgo que ha de soportar. La expresión que recoge la idea anterior es la siguiente:

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im}(E(r_m) - r_f) \quad [2]$$

$$\beta_{im} = \frac{Cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)} \quad [3]$$

Dónde:

- $r_i$ : Rendimiento esperado del activo “i” a valorar.
- $E(r_i)$ : Tasa esperada de rendimiento del capital sobre el activo “i” (Costo de capital).
- $E(r_m - r_f)$ : Exceso de rentabilidad del Portafolio de Mercado (Prima).
- $r_m$ : Rendimiento del Mercado.
- $r_f$ : Rendimiento de un activo libre de riesgo.
- $\beta_{im}$ : Cantidad de riesgo con respecto al Portafolio de Mercado.

- $Cov(r_i, r_m)$ : Covarianza de la rentabilidad del activo con la de mercado (riesgo sistemático).
- $Var(r_m)$ : Varianza de la rentabilidad del mercado (riesgo de mercado).

El coeficiente  $\beta$  se debe entender como la volatilidad de la rentabilidad de un activo y mide el riesgo sistemático de un activo en comparación con el riesgo de Mercado, entendiendo como riesgo sistemático el que no se puede controlar (incertidumbre económica general, entorno, factores exógenos). La  $\beta$  según su valor puede tomar diferentes significados, si;

- $\beta=1$  Representa el riesgo de la cartera, la rentabilidad del activo tendría un riesgo igual a la rentabilidad del mercado.
- $\beta>1$ , indica que la rentabilidad del activo tendrá un riesgo superior a la rentabilidad del mercado (activos riesgosos o agresivos).
- $\beta<1$  entonces la rentabilidad del activo tendrá un riesgo inferior a la rentabilidad del mercado.

Si aplicamos el modelo para el caso del Mercado Chileno, la expresión del CAMP será:

$$CAMP = rL + \beta(Rigpa - rL) \quad [4]$$

Dónde:

- $rL$ : Pagars reajustables en cupones del Banco Central de Chile. (Rendimiento de un activo libre de riesgo). Tasa libre de riesgo.
- $\beta$ : Riesgo sistemático del proyecto con respeto al Portafolio de Mercado de las Acciones de Chile.
- $Rigpa$ : Rendimiento del Índice general del precio de las acciones (activo con riesgo). Tasa con riesgo.

#### **6.2.2.2. Determinación del turno óptimo**

La determinación del turno óptimo se llevó a cabo bajo el criterio de turno financiero para verificar en parte el valor obtenido mediante el método CAMP expuesto en el apartado anterior. El bosque como cultivo es una inversión que renta anualmente una utilidad, que se traduce en un incremento anual en metros cúbicos por hectárea (o por árbol si se desease) de cuyo incremento marginal es posible deducir la tasa a

la que está creciendo el bosque anualmente. Como es de esperar, esta tasa disminuye con el tiempo y por lo tanto, cuando esta alcanza el valor de la tasa alternativa del capital (calculada en el presente estudio mediante el modelo CAMP) se alcanza también el momento óptimo para cortar. Al año siguiente se espera que la tasa de crecimiento del bosque sea menor a la tasa alternativa, por esta razón se opta por cortar la plantación, ya que es más conveniente depositar dicho valor monetario en una cuenta bancaria a una tasa similar, evitando así riesgos exógenos por esperar con el bosque en pie tales como plagas o incendios, o bien iniciar otro ciclo de cultivo, aprovechando nuevamente las tasas de crecimiento más altas de los bosques en etapas juveniles.

#### **6.2.2.3. Determinación del precio medio del metro cúbico de madera**

Para valorar el precio del metro cúbico de madera en primer lugar se describieron los distintos productos que actualmente se pueden identificar en la mayoría de plantaciones en funcionamiento en Chile de *Pinus radiata* así como los precios asociados a ellos, *recopilando la* información a partir de entrevistas personales abiertas a “*cheff executive officers*” (CEO’s) de empresas forestales dedicadas al cultivo de bosques de *Pinus radiata* y a ejecutivos de los departamentos de planificación y desarrollo y administración y finanzas de las mismas empresas de forma confidencial para finalmente determinar un precio ponderado del metro cúbico en función de los tipos de productos y de los precios asociados a estos.

#### **6.2.2.4. Valoración mediante el método tradicional del VAN**

Se calculó el VAN estático del proyecto, necesario para desarrollar la metodología de opciones y como base comparativa entre el VAN estático y el valor obtenido mediante opciones reales.

El objetivo general de todo directivo es maximizar el valor de la empresa para hacerla atractiva para los accionistas, y el VAN refleja bien este criterio ya que indica exactamente cuánto se prevé que aumente el valor de una empresa (valor del capital) si se ejecuta el proyecto bajo evaluación (Mascareñas, 1998). En este sentido, el criterio seguido para la aceptación de un proyecto es que el VAN resulte positivo (Brealey y Myers, 1996; Suárez, 2005). En otras palabras, se acepta un proyecto cuando la totalidad de los flujos generados por éste durante su vida útil, descontados a una tasa que depende a su vez del riesgo implícito del proyecto,

supera los costos de su ejecución. En caso contrario se aconseja no realizarlo. La expresión general del VAN es la siguiente.

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{FC_j}{(1+k)^j} \quad [5]$$

Dónde:

- $A$ : Inversión inicial para llevar a cabo el proyecto.
- $FC_j$ : Flujo de caja esperado en el año “j”.
- $n$ : Horizonte temporal del proyecto.
- $k$ : Tasa de descuento o coste de oportunidad del capital.

Para valorar los  $FC_j$  se consideraron como supuestos básicos; antecedentes relativos al valor de la tierra, establecimiento de la masa, manejo, cosecha, comercialización, administración, además de valores relativos al tipo de cambio y tasas de impuestos, entre otros, basándose siempre en valores reales obtenidos a partir las entrevistas con los CEO's.

Los esquemas de manejo silvícola simulados, son los mismos que actualmente están aplicando las empresas forestales en Valdivia. Por otro lado, los costes indirectos son parámetros reales obtenidos de la operación de empresas forestales. Del mismo modo, los productos establecidos para la proyección son también tomados de la realidad. La tasa alternativa con la que se evalúa el proyecto es la obtenida mediante el método del CAMP.

Para completar la valoración, se calcula el valor de la tasa interna de retorno (TIR), que se define como la tasa de descuento que iguala el VAN a cero. Para tasas de descuento inferiores al valor obtenido del TIR se acepta que la rentabilidad del proyecto está por encima del valor de rentabilidad mínima requerida.

#### **6.2.2.5. Aplicación de opciones reales**

En primer lugar se analizarán las fuentes de flexibilidad existentes en el presente estudio de valoración, para determinar cuáles son las oportunidades que presenta el proyecto de inversión de una plantación de *Pinus radiata* situada en la provincia de Valdivia de carácter productor. Una vez determinadas estas opciones y escogida

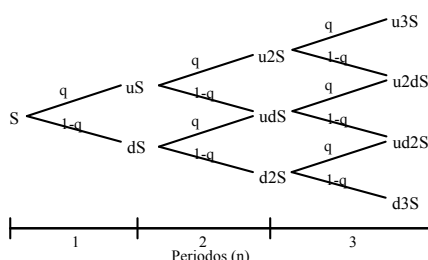
una de ellas, utilizaremos dos métodos distintos para calcular su valor: BOP (*Binomial Option Price Method*; Cox et al., 1979) o Binomial y el B&S (Black y Scholes, 1973).

El método BOP es más simple que el de B&S, pero existen circunstancias en las que el modelo B&S no se puede aplicar, como es el caso de la valoración de opciones americanas, que pueden dar dividendos. Por lo que en el presente trabajo, debido a la situación geográfica del área bajo estudio y a para hacer posible la verificación de resultados mediante la comparación entre ambos métodos, se analizaran los dos.

#### 6.2.2.5.1. Modelo “Binomial Option Price Method” (BOP)

El método BOP consiste en subdividir el tiempo de expiración de la opción ( $T$ ) en un gran número de tiempos intermedios o periodos ( $n$ ) formando un árbol de decisión. El árbol empieza formándose a partir del valor del activo subyacente (acción) en el momento inicial y va avanzando hasta el punto de expiración de la opción, creando en cada periodo de avance dos posibles evoluciones de dicho valor. Dichas evoluciones se calculan usando la volatilidad y el tiempo de expiración de la acción y representan el escenario más pesimista y el más optimista al que puede llegar el valor de dicho activo. De este modo se determinan todos los posibles caminos que el valor del activo puede tomar durante la vida útil de la opción, representados en un árbol.

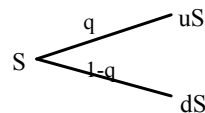
Según Danus (1990) este modelo supone que el precio de la acción es descrito por un proceso binomial multiplicativo discreto, en donde la probabilidad de la rama superior es “ $q$ ”, con un retorno “ $u$ ” y donde la probabilidad de la rama inferior es  $(1-q)$ , con un retorno “ $d$ ”, sobre un número de periodos “ $n$ ” y en donde “ $K$ ” es el precio del ejercicio (Figura 3).



**Figura N°3.** Representación gráfica del modelo BOP con  $n=3$ . Fuente: Danus, 1990.

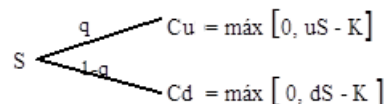
Los supuestos del modelo son; que la tasa de interés es positiva y constante, los mercados son completamente competitivos, y no existen costos de transacción y tampoco impuestos (Danus, 1990).

Suponiendo que la expiración de la opción ocurrirá en un solo periodo, el árbol de decisión sería el representado en la Figura 4:



**Figura N°4.** Representación gráfica del modelo BOP con  $n=1$ . Fuente: Danus, 1990.

Con  $n=1$ , el precio de la "call", puede tomar dos únicos valores representados en la Figura 5.



**Figura N°5.** Determinación del valor de la opción mediante el modelo BOP. C: Precio de la "call"; K: Precio de ejercicio. Fuente: Danus, 1990.

Ross et al., (2000) indican que, el punto de partida para la aplicación del método BOP consiste en elegir algún activo de base que determine los flujos de efectivos del proyecto que se está evaluando. Se deben elegir activos negociables que representen la incertidumbre existente en el problema a evaluar. El siguiente paso, consiste en elegir un intervalo de tiempo que sea relevante para la opción evaluada, A continuación se determinan las probabilidades de ocurrencia de los eventos "buenos" y "malos" durante los periodos de evaluación y se identifican las decisiones correctas por parte del decisor. Ross et al., (2000) señalan que el método BOP presenta limitaciones importantes: (1) evalúa el valor de la opción en periodos largos de, por ejemplo un año, (2) es poco realista, porque existen muchas más de dos posibilidades para el precio de la acción durante el año siguiente; (3) el número de posibles precios que puede tomar la acción se acota a medida que se acorta el tiempo, con lo que el método BOP sería efectivo para periodos cortos de tiempo.

#### 6.2.2.5.2. Modelo Black y Scholes (B&S)

Fischer Black y Myron Scholes (1973) dedujeron una fórmula para conocer el valor de una opción "call", que dependía del precio del bien subyacente, de la volatilidad de dicho bien, del precio de ejercicio, de la fecha del vencimiento de la opción y de la tasa de interés (aparatado 3.2.1). La idea básica era que, si la acción tenía una ganancia esperada igual a la tasa de interés, entonces la opción que recaía en dicha acción, en este caso "call", también la tendría.

De este modo, si la opción siempre tenía una ganancia esperada igual a la tasa de interés, la tasa de descuento que llevaría el valor futuro esperado de la opción a su valor presente siempre debería ser la tasa de interés. La tasa de descuento, entonces, no debería depender del tiempo o del precio de la acción sino que sería constante. Como consecuencia propusieron descontar el valor final esperado de la opción en su fecha de vencimiento a una tasa de interés constante para obtener el valor presente de dicha opción, siendo el valor presente como el valor en el momento que se desea comprar la opción.

Esta fórmula es hoy en día la más utilizada para la valoración de opciones financieras en el mercado de capitales y su mayor mérito radica en que es capaz de solucionar los inconvenientes del método BOP.

Por esta razón, Ross et al., (2000) opinan que el aporte fundamental del modelo B&S es que acorta los períodos en relación a los empleados en BOP. Adicionalmente, Braley y Myers (1996) señalan que este modelo es más realista, ya que supone una función continua de resultados, lo que hace que la fórmula sea más exacta y más rápida que el método BOP a la hora de evaluar precios de las opciones. Danus (1990) indicó los supuestos fundamentales sobre los cuales se basa la fórmula de Black y Scholes (B&S):

- La acción sobre la cual se basa la opción no paga dividendos durante la vida de la opción.
- La opción sólo puede ser ejecutada en la fecha de expiración.
- No existen requerimientos de márgenes, impuestos o costos de transacción.
- La tasa de interés es constante.
- La volatilidad del precio de la acción es constante.



- Sólo pueden haber cambios pequeños en el precio de la acción en cortos periodos de tiempo.

La opción de compra "call" viene dada por la expresión [6]:

$$C = SN(d_i) - Ke^{-rlt}N(d_z) \quad [6]$$

Dónde:

$$d_i = \frac{\ln(S/K) + rl(T)}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{1}{2} \sigma\sqrt{T} \quad [7]$$

$$d_z = d_i - \sigma\sqrt{T} \quad [8]$$

Dónde:

- C: Valor de la opción "call".
- S: Valor del activo subyacente.
- K: Precio de ejercicio.
- T: Tiempo de expiración de la opción.
- rl: Tasa de interés libre de riesgo.
- $\sigma$ : Desviación estándar del valor del activo subyacente (volatilidad).
- $N(d_i)$  and  $N(d_z)$ : Probabilidad de que una variable aleatoria, estandarizada y normalmente distribuida, sea inferior o igual a "d".

De esta manera, una persona que trabaje con opciones sabrá los valores S y K de manera exacta, también conocerá el número de días pendientes para su expiración y la fracción de un año (n) para la expiración T podría calcularse rápidamente. En cuanto a la varianza del rendimiento del activo subyacente, ésta se hace más difícil de obtener, ya que involucra el futuro y su valor por tanto no se encuentra disponible, pero sí se puede obtener una aproximación a través de datos históricos pudiéndolo ajustar según Ross et al., (2000) al alza o a la baja, por ejemplo si la anticipación de eventos próximos presionan ascendentemente o descendientemente la volatilidad del activo. El valor  $N(d)$  se obtiene de la curva de distribución normal estandarizada.

Según Danus (1990), Brealey y Myers (1996), Ross et al., (2000) y Mascareñas (1998), el modelo B&S sólo sirve para opciones europeas basadas en acciones que no dan dividendos durante los periodos ( $n$ ) sino hasta la fecha de expiración ( $T$ ) de éstas.

En este punto estaríamos en condiciones de calcular el VAN estático, el valor de la opción “call” que deseemos evaluar, y, por tanto, el valor del VAN estratégico de utilizando la expresión [1] propuesta por Trigeorgis (2000).

## 7. RESULTADOS

### 7.1. SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL RODAL

Se ha utilizado el “software Radiata 0.1” para definir el crecimiento volumétrico del rodal hipotético bajo estudio. Es importante entender que el manejo silvícola busca potenciar el crecimiento en diámetro de los árboles. De este modo el valor económico se va concentrando en los mejores árboles de la plantación original, los que de manera individual acumulan mayor volumen y mejoran los productos finales. Las variables silvícolas de entrada para el simulador responden a los esquemas silvícolas de la zona de Valdivia a través y reflejan las experiencias reales de las empresas consultadas en la zona (Tabla nº2).

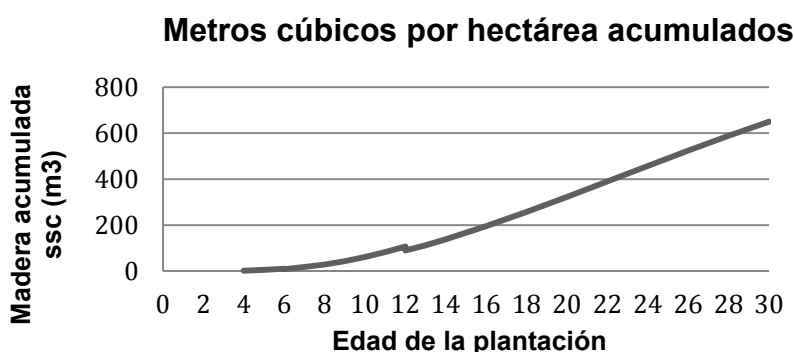
**Tabla Nº2.** Variables de entrada por hectárea para la simulación de un rodal de *Pinus radiata* D. Don ubicado en la región de Los Ríos.

ITEM	Nº	Unidad
Índice de sitio	25	m
Densidad inicial	1.250	pies / ha
Edad clareo	6	años
Densidad final clareo	700	pies / ha
Edad de Poda 1	6	años
Densidad de Poda 1	700	pies / ha
Edad de Poda 2	7	años
Densidad de Poda 2	450	pies / ha
Edad de Poda 3	8	años
Densidad de Poda 3	450	pies / ha
Edad de la clara	12	años
Densidad final clara	450	pies / ha
Periodo de simulación	30	años

Tal y como se muestra en la tabla nº2, en el año 6 con el fin de eliminar pies dañados y/o mal conformados y disminuir la competencia por la luz, nutrientes y agua, así como la disponibilidad de sitio por árbol en pie, se realiza un clareo de la masa junto con una poda inmediatamente después, seguida de dos más en los años 7 y 8, con el objetivo de aprovechar el incremento diametral en el rodal después del clareo para potenciar la producción de madera "Clear" o libre de nudos, ya que ésta

posee el mayor valor económico por metro cúbico, pero que, tiene bajas proporciones dentro del árbol.

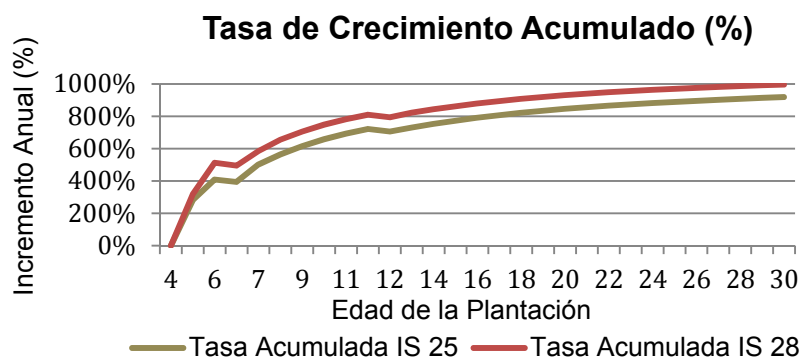
La salida del simulador da un desglose anual por hectárea de los volúmenes y sus componentes a lo largo del periodo de simulación acordes al grado de madurez que va adquiriendo el rodal (ver anexo nº1). En la figura nº6, se muestran estos volúmenes acumulados por hectárea de madera medida en metros cúbicos sin corteza ( $\text{m}^3$  ssc /ha) a partir de los datos entregados por el simulador. Se determina así la acumulación de madera en forma de “stock” en el monte a lo largo del tiempo.



**Figura N°6.** Metros cúbicos ssc acumulados por hectárea para IS 25.

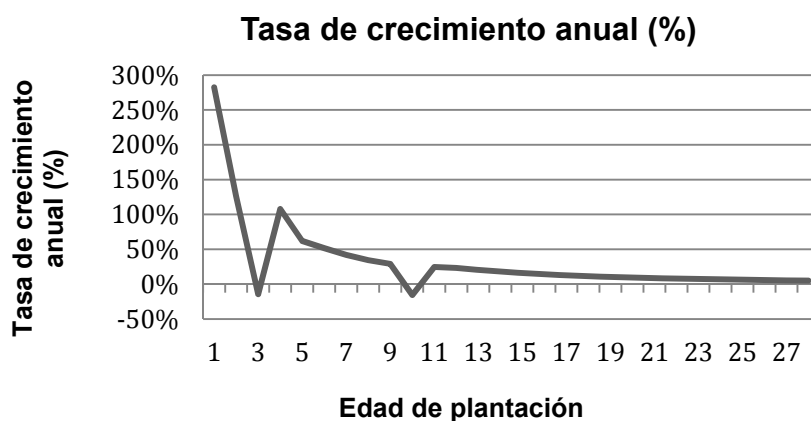
Como se observa en la figura nº6, hay dos puntos de inflexión en la curva que corresponden a las edades de 6 y 12 años, estos cambios son debidos a los tratamientos silvícolas del clareo y de la clara respectivamente, que disminuyen como es lógico, el volumen acumulado de madera en el bosque. La clara significa un ingreso directo para el propietario y tanto el clareo como la clara liberan sitio para un mejor crecimiento de los árboles que llegarán a la edad del turno.

Tanto los resultados como las decisiones que se toman en esta etapa, dependen fundamentalmente, del antes mencionado índice de sitio. Para poner de manifiesto el efecto de dicho índice en la simulación y por lo consiguiente en la planificación, se presentan en la figura nº7 las tasas de crecimiento acumulado comparativo para índices de sitio 25 y 28, siendo el IS utilizado para este estudio IS=25.



**Figura N°7.** Tasas de crecimiento acumulado en porcentaje para IS 25 y 28.

En la figura n°7 se observa, al igual que en la figura n°6, el efecto del clareo y de la clara en los años 6 y 12 respectivamente. Además se observa en la pendiente de las curvas que las tasas de crecimiento son superiores en edades juveniles que en edades adultas donde parece que se estancan y tienden a igualarse. Este efecto será importante más adelante para determinar el turno óptimo de corta. En la figura n°8 se representan específicamente las tasas de crecimiento anuales, de modo que se puede observar de forma aún más clara la tendencia de las tasas de crecimiento a disminuir en función del tiempo.



**Figura N°8.** Tasa de crecimiento anual (%).

La simulación muestra un rápido crecimiento inicial, el cual continúa creciendo a tasas decrecientes a medida que el bosque se acerca a la madurez. Este efecto se hace cada vez más asintótico hasta que llega un punto no visible en el grafico en donde el crecimiento se hace negativo, proceso en que se dice que el bosque ha entrado en una fase de desmoronamiento o sobre maduración biológica.

## **7.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO FORESTAL**

Es importante señalar, que la divisa que se utiliza en todo momento es el dólar americano (US\$) y aplicamos un tipo de cambio del 750 Ch\$/ US\$ con respeto al peso chileno en los casos en los que fue necesario.

### **7.2.1. TASA DE DESCUENTO**

Para la obtención de la tasa alternativa de capital (TAC) calculada mediante el método CAMP ha sido necesario en primer lugar definir todos los parámetros para el caso chileno (Ecuación [4]). Para el método CAMP es necesario conocer:

- Precios del producto a evaluar (madera “País”).
- Índice de precios al consumidor (IPC).
- Volatilidad de los precios del producto.
- Índice general del precio de las acciones (IGPA).
- Tasas de interés de los pagarés reajustables en cupones del Banco Central de Chile (PRC).
- Beta del proyecto ( $\beta$ ).
- Tasa libre de riesgo ( $r_L$ ).

#### **a) Precios de la madera “País”**

En primer lugar se decidió analizar los precios de la madera “país” puesto que este es el producto con más proporción dentro del volumen total del bosque, con un 57,1% (Figura nº10).

Los precios analizados se obtuvieron de la serie de datos que posee el Instituto Forestal de Chile (INFOR), a partir de 1984. La serie trimestral contiene discontinuidades, por lo que se decidió escoger el último precio anual registrado en diciembre de cada año y determinar la rentabilidad anual y posteriormente la volatilidad registrada en el periodo de análisis, el cual fue considerado de enero de 1984 hasta diciembre de 2000. En la tabla nº3 se muestra por un lado, la serie de precios utilizada cada año de madera “País” en US\$/m<sup>3</sup> ssc en planta actualizada por el IPC, y por el otro la variación incremental de cada año con respecto al anterior (cociente entre la diferencia de precios en un año y el precio del año anterior).

**Tabla N°3.** Serie de precios de la madera "País" en pesos chilenos entre los años 1984 y 2000, actualizados por IPC y su volatilidad para el mismo periodo en evaluación.

Año	Precio (dic)	Variación anual
1984	13.936	
1985	12.593	-0,09637
1986	10.731	-0,14786
1987	13.964	0,30128
1988	18.613	0,33293
1989	17.982	-0,03390
1990	19.543	0,08681
1991	21.254	0,08755
1992	22.388	0,05335
1993	22.860	0,02108
1994	22.028	-0,03640
1995	23.042	0,04603
1996	21.565	-0,06410
1997	19.792	-0,08222
1998	19.091	-0,03542
1999	20.857	0,09250
2000	20.633	-0,01074

Fuente: INFOR (1984-2000).

b) Riesgo o volatilidad de los precios de la madera "País"

La volatilidad de los precios se obtuvo a través del cálculo de la varianza poblacional ( $\sigma^2$ ) de las variaciones anuales mostradas en la tercera columna de la tabla n°3. Este resultado representa el riesgo que hay en suponer ciertos los precios, confiando en la estabilidad del comportamientos históricos de éstos. Un resumen de los resultados de esta etapa se presentan en la tabla n°4:

**Tabla N°4.** Volatilidad de los precios ( $\sigma$ ) a partir de la varianza poblacional ( $\sigma^2$ ) de la serie de precios de la madera "País" en el periodo 1984- 2000.

Variancia poblacional ( $\sigma^2$ )	0,02
Desviación estándar ( $\sigma$ )	0,13
Volatilidad de los precios	<b>12,75%</b>

La tabla 4 indica que la variación porcentual de los precios es de un 12,75% con respecto a su promedio, o lo que sería lo mismo, los precios desde 1.984 hasta el 2.000 han manifestado una volatilidad de un 12.75%.

c) Análisis del Índice general del Precio de las Acciones (IGPA)

Para el análisis del riesgo de la cartera de mercado se estudiaron los precios de las acciones del mercado de Chile, utilizando una metodología igual que para el análisis de los precios de la madera “País”. La serie de datos se obtuvo a partir de la reseña anual del año 2001, de la Bolsa de Comercio de Santiago. En la tabla n°5 se muestra la secuencia desde el año 1984 hasta el 2000.

**Tabla N°5.** Serie datos del índice general del precio de las acciones (real) en pesos chileno entre los años 1984 y 2000 y su variación para el mismo periodo.

Año	Precio IGPA (dic)	Variación anual
<b>1984</b>	31,61	
<b>1985</b>	43,55	0,37773
<b>1986</b>	88,22	1,02572
<b>1987</b>	95,22	0,07935
<b>1988</b>	113,07	0,18746
<b>1989</b>	153,44	0,35704
<b>1990</b>	185,58	0,20946
<b>1991</b>	332,94	0,79405
<b>1992</b>	325,15	-0,02340
<b>1993</b>	414,99	0,27630
<b>1994</b>	527,78	0,27179
<b>1995</b>	516,09	-0,02215
<b>1996</b>	413,38	-0,19902
<b>1997</b>	381,22	-0,07780
<b>1998</b>	273,09	-0,28364
<b>1999</b>	383,72	0,40510
<b>2000</b>	345,89	-0,09859

Fuente: Bolsa de Comercio de Chile

d) Riesgo o volatilidad de los precios del IGPA

En la tabla n°6 señala en forma resumida el nivel de volatilidad alcanzado por el IGPA durante el periodo señalado:

**Tabla N°6.** Volatilidad del IGPA (valor real) para el periodo 1984 al 2000.

Variancia poblacional ( $\sigma^2$ )	0,11
Desviación estándar ( $\sigma$ )	0,34
Volatilidad de los precios	<b>33,70%</b>



e) Valor del coeficiente beta ( $\beta$ )

La volatilidad ( $\beta$ ) de los precios de la madera con respecto a los precios del portafolio de mercado (IGPA) es el resultado de la pendiente que resulta de la correlación lineal entre las variaciones anuales del IGPA (col.3 tabla nº5) y las variaciones anuales de los precios de la madera (col. 3 tabla nº3) mediante la ecuación general de la recta.

$$y = a + \beta x \quad [6]$$

Obteniendo un resultado de  $\beta$  igual a - 0,038661.

Dicho resultado se encuentra dentro de los rangos aceptables para dicho parámetro, dándonos a entender que la rentabilidad del activo tendrá un riesgo inferior a la rentabilidad del mercado. Para demostrar que el valor obtenido es parecido al de otras empresas del sector, vemos por ejemplo que uno de los mayores “holdings” dentro del mercado chileno presente en muchos otros países latinoamericanos como es Empresas CMPC S.A. tenía en 2011 un beta alrededor de 0,98 (CorpResearch, S.L., 2011). Salvando las distancias entre ambos resultados, se puede afirmar que la rentabilidad del sector forestal posee un riesgo inferior, según los datos analizados, a la rentabilidad del mercado y damos como aceptable el valor beta obtenido en este apartado.

f) Precios de los Pagares Reajustables con Cupones (PCR) del Banco Central de Chile y obtención de la Tasa libre de riesgo (rL)

El siguiente paso se basa en analizar los precios históricos de los PRC para establecer así la tasa libre de riesgo (rL). Utilizaremos los PRC valorados en el mercado secundario Chileno a partir de 1992 por no disponer de datos anteriores. Los PRC junto con los Pagares Reajustables del Banco Central (PRBC), son los principales instrumentos utilizados por el Instituto Emisor para la regulación monetaria en operaciones de mercado abierto. Para este caso se utilizó los PRC de 8 años y al igual que para la obtención de precios de madera y del IGPA se escogió el ultimo valor de diciembre de cada año y la media de estos nos da la tasa libre de riesgo del mercado Chileno (rL) (Tabla nº7).

**Tabla N°7.** Valor de los Pagares reajustables con cupones emitidos por el Banco Central Chileno (PCR) y tasa libre de riesgo (rL).

Año	PCR (dic)
<b>1992</b>	0,07410
<b>1993</b>	0,06400
<b>1994</b>	0,05850
<b>1995</b>	0,06850
<b>1996</b>	0,06080
<b>1997</b>	0,06820
<b>1998</b>	0,07220
<b>1999</b>	0,06660
<b>2000</b>	0,05890
<b>rL</b>	<b>6,576%</b>

Fuente: Bolsa de Comercio de Chile.

#### g) Obtención del valor del CAMP

El valor de CAMP se obtiene aplicando la ecuación [4], la rentabilidad del IGPA (Rigpa) entre 1992 y el año 2000 (Valor promedio de los valores del IGPA para tal periodo) y la diferencia de este valor con la tasa libre de riesgo (rL) permite determinar el exceso de rentabilidad que proporciona la volatilidad de los precios de los activos con riesgo. Los resultados del modelo se resumen en la tabla n°8.

**Tabla N°8.** Resultados del modelo CAMP.

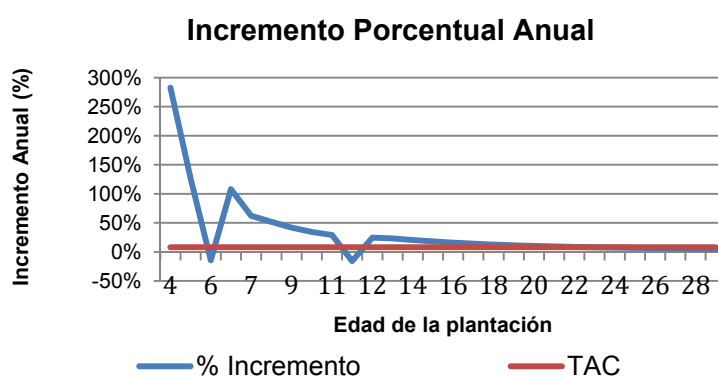
rl	0,06576
Rigpa	0,20496
Rigpa-rl	0,13920
$\beta$	-0,03866
<b>CAMP</b>	<b>6,04%</b>

Se concluye que la tasa alternativa del capital obtenida mediante el método CAMP es del 6,04%, valor que aplicaremos en el análisis económico de la plantación.

### 7.2.2. DETERMINACIÓN DEL TURNO ÓPTIMO

Para determinar el turno óptimo del rodal, se utiliza el criterio de turno financiero por lo que se determina el momento (año) en el que la tasa de crecimiento volumétrico anual (ver Anexo n° 1) de la masa se iguala a la tasa alternativa del capital (TAC)

determinada mediante el modelo CAMP (apartado 7.2.1). Teniendo en cuenta que la TAC es de alrededor de un 6%, el turno óptimo según este criterio sería de 27 años con capital propio. En la figura nº9 se muestra el momento en que ambas tasas se cruzan, definiendo el momento óptimo de corta desde un punto de vista, como se ha dicho, de turno financiero teórico (TAC = 6%). En la figura nº9 también se observan cuatro puntos en los años 6 y 12 en donde la tasa de crecimiento desciende tanto que llega a cruzar con el TAC, este efecto es debido evidentemente a las claras y clareos y no tiene ningún significado para el propósito de este apartado.



**Figura N°9.** Definición del turno teórico óptimo a partir de la tasa de crecimiento anual (% de incremento) para un bosque de índice de sitio 25 y la tasa alternativa del capital (TAC) obtenida a partir del método CAPM.

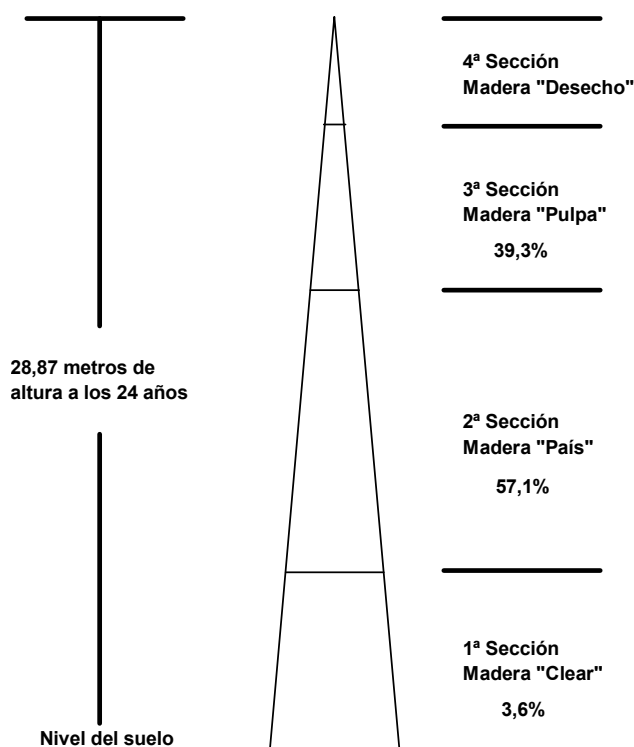
Las empresas forestales de la zona de estudio están utilizando un turno de 24 años que equivaldría a un TAC de un 8%, lo que pone de manifiesto que el criterio de turno financiero no indica la mejor decisión desde el punto de vista económico. Esta diferencia es debida a que el modelo CAMP supone que el capital invertido es propio, en cambio las empresas de la zona están financiando sus proyectos a un costo de un 2% sobre lo exigido a su capital. Se decidió, para ajustar el estudio a la realidad del mercado, evaluar el proyecto con el valor de TAC obtenido mediante el método CAMP del 6%, pero ajustando la edad de corta a 24 años.

### 7.2.3. DETERMINACIÓN DEL PRECIO MEDIO DEL METRO CÚBICO DE MADERA

Toda la información de precios y productos necesaria para desarrollar este apartado fue conseguida mediante entrevistas con ejecutivos de empresas forestales en la zona.

En la mayoría de los proyectos forestales asociados al cultivo de *Pinus radiata* D. Don actualmente en funcionamiento en el país, es posible identificar la obtención de tres productos principales que están relacionados con la características del sitio donde se le está cultivando y del manejo silvicultural al cual están siendo sometidos.

Suponiendo que la edad del turno es de 24 años lo que corresponde a una altura dominante de 28,9 m (Anexo nº1) y que el tronco se asemeja a una forma cónica, entonces, es posible dividirlo en tres secciones productivas económicamente, tal y como se muestra en la figura nº10.



**Figura N°10.** Diagrama de obtención de productos y participación según la porción del árbol para una altura de 28,87 metros.

La primera sección se encuentra aproximadamente en el primer cuarto del árbol. Llega hasta los 6 metros de altura y corresponde a la sección de mayor valor económico, ya que es donde se han efectuado las podas, con el objetivo de producir madera libre de nudos o "Clear". Este tipo de madera en el mercado interno del país se destina básicamente a la industria de tableros, aunque la mayoría de la producción se exporta. La segunda sección tiene una longitud muy variable y se trata de madera con nudos o llamada también madera "País" ya que se destina en su mayoría al mercado interno de madera aserrada con nudos. La tercera y última sección del tronco con valor económico se destina a la producción de madera para "Pulpa" o lo que es lo mismo, al mercado interno de la celulosa para exportación. Finalmente, la última parte que coincide con un diámetro del tronco inferior a 8 centímetros en punta delgada, no tiene valor económico, por lo que se la denomina madera "Desecho" a efectos de este estudio.

Para cada uno de estos productos existe un mercado interno. De esta forma, en la tabla nº9 se describe la matriz precio – tipo de producto según su proporción en el árbol, lo que permite obtener un precio ponderado aproximado de un metro cúbico sin corteza de madera en un bosque de *Pinus radiata* D. Don. en la región de Valdivia a la edad de 24 años.

**Tabla N°9.** Precios y obtención del precio ponderado para el mix de productos que se obtienen de un árbol a la edad de cosecha de 24 años.

SECCIÓN	PRODUCTO	PROPORCIÓN (%)	US\$/m3	US\$/m3 ssc Ponderado
1	Madera "Clear"	3,6%	78,37	2,82
2	Madera "País"	57,1%	47,7	27,24
3	Madera "Pulpa"	39,3%	19,00	7,47
	<b>Precio Ponderado (US\$/m³)</b>			<b>37,53</b>

#### 7.2.4. VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Para el cálculo del VAN y del TIR fueron necesarios datos reales relativos al valor de la tierra, al establecimiento de la masa y su manejo, comercialización, administración así como también aspectos tales como al tipo de cambio y a la tasa de impuestos. La superficie analizada fue, al igual que en todo el proyecto, de una

hectárea, cosa que simplifico muchísimo los dimensionamientos de los valores de costos e ingresos incurridos en el proyecto.

Los esquemas de manejo aplicados a la masa hipotética fueron los que actualmente aplican las empresas forestales en la zona de Valdivia. Todos los datos de costos e ingresos fueron obtenidos directamente de estas empresas (entrevistando a tres CEO's), las cuales proporcionaron información fiable y ajustada a la realidad.

Por otro lado la tasa alternativa de capital (TAC) que se utilizó fue la calculada a través del método CAMP del 6,04%, este valor supone que el capital invertido es propio, cosa que como ya se ha visto a la hora de determinar el turno óptimo en el apartado 7.2.3 no refleja la situación real, ya que las empresas estarían trabajando con TAC's de alrededor del 8%, lo que supone capital prestado o apalancado al 2%. En cambio se conservará el turno de 24 años para reflejar mejor la realidad de la zona. Los supuestos básicos utilizados para esta evaluación y los esquemas de manejo junto a sus costos y a sus ingresos fueron los indicados de forma general en las tablas nº 10 y 11.

**Tabla Nº10.** Supuestos generales utilizados para la evaluación del proyecto forestal.

SUPUESTOS	VALOR	UNIDAD
Número de hectáreas del rodal	1	ha
Densidad Inicial de Plantación	1.250	Pies/ha
Índice de Sitio	25	m
Tasa de impuestos	15	%
Volumen de extracción en la clara comercial ssc	16,7	m <sup>3</sup> /ha
Volumen de extracción en corta final ssc	457,3	m <sup>3</sup> /ha
Turno de corta	24	años

**Tabla N°11.** Datos generales utilizados para la evaluación del proyecto forestal.

			VALOR	UNIDADES
INGRESOS				
Ventas	Venta de madera	Valor madera puesta en planta en la clara comercial ssc	22	US\$/m³
		Valor madera en la corta final puesta en planta ssc	37,5	US\$/m³
	Venta otros	Leña	80	US\$/ha
		Arrendamiento a ganaderos	4	US\$/ha
COSTOS				
Inversión Inicial	Valor de la tierra	Valor de la tierra	600	US\$/ha
	Preparación del sitio	Desbroce y subsolado	180,66	US\$/ha
		Control de malas hierbas	43,23	US\$/ha
	Plantación	Brinzales	51,4	US\$/ha
		Mano de obra	47,66	US\$/ha
	Fertilización	Fertilizante	8,94	US\$/ha
		Mano de obra	43,41	US\$/ha
	Manejo silvícola		Desbroce químico	15,6
		Mano de obra	35,4	US\$/ha
Poda 1		Mano de obra	99,74	US\$/ha
Poda 2		Mano de obra	60,41	US\$/ha
Poda 3		Mano de obra	66,62	US\$/ha
Reparación daño por viento		Mano de obra	54,82	US\$/ha
Clareo no comercial		Mano de obra	42,44	US\$/ha
Marcación de poda (C.com.)		Mano de obra	20,87	US\$/ha
Clara comercial		Mano de obra	116,88	US\$/ha
Turno		Mano de obra	2.867,33	US\$/ha

El resto de costos que faltan por detallar en la tabla n°10, como por ejemplo, los costos de administración, control de plagas, incendios, mantenimiento de las infraestructuras, costos indirectos, etc. están indicados en el Anexo n° 2. Los valores obtenidos del VAN y TIR para el proyecto, se resumen en la tabla n°12, considerando un valor monetario en dólares por cada hectárea de bosque.

**Tabla N°12.** Resultados obtenidos para el VAN y TIR del proyecto forestal, evaluados para una hectárea de superficie.

VALOR ACTUAL NETO (US\$)	219,9
TASA INTERNA DE RETORNO	6,58%

## **7.2.5. APLICACIÓN DE OPCIONES REALES**

### **7.2.5.1. Análisis de flexibilidad del sector forestal chileno**

El negocio forestal maderero se caracteriza por ser a largo plazo, de elevadas inversiones iniciales que condicionan los flujos de caja negativos de los proyectos durante, al menos, la primera mitad del periodo de evaluación. Elementos que como señalan Trigeorgis (2000) y Azofra y de la Fuente (2000) son fuentes de incertidumbre, y por lo tanto es aplicable la teoría de opciones.

Por otro lado, la madera en el mercado internacional se caracteriza por ser catalogado como “commodity” por lo que su precio se ve sometido a fluctuaciones en el tiempo, siendo países como EE.UU, Canadá o Rusia los que determinan la oferta internacional y Chile sólo actúa como tomador de precios en el mercado global y, como consecuencia, de tipos de productos, siendo tres grandes “holdings” (Arauco, CMPC y Terranova) los que siguen las tendencias del mercado global y condicionan a su vez el mercado interno. En este sentido, si se analiza la tendencia de los precios en los productos de madera y de sus derivados se observa que presentan oscilaciones cíclicas y cuya frecuencia se ha manifestado recientemente más errática, lo que genera mayores riesgos de inversión y ejecución de proyectos, por cuanto este último condiciona las pérdidas y ganancias de los inversores.

Esa misma situación, sin embargo, genera oportunidades estratégicas para los proyectos de inversiones en plantaciones forestales. Estas oportunidades vienen potenciadas por la flexibilidad que otorga el mercado y están relacionadas con parámetros tales como precio, tipo de producto, etc. En la tabla n°13 se exponen las diferentes fuentes de flexibilidad que se han deducido para el sector forestal en los antecedentes, así como las oportunidades y riesgos que estas brindan al inversor.



**Tabla N°13.** Parámetros que se pueden identificar en inversiones forestales que son fuentes de flexibilidades y por lo que pueden transformarse en un valor añadido para el inversor.

Parámetros	Riesgo	Oportunidad (Fuentes de flexibilidad)
<b>PRECIO</b>	Gran sensibilidad del VAN a las fluctuaciones precios ("Commodities")	Retraso / Adelanto en la edad del turno en espera de mejores precios. Cambio de especie o de productos
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	Mala gestión que hace disminuir los ingresos	Manejos silvícolas que llevan a producir más porcentaje de madera "Clear" lo que mejora el VAN. Cambio de especie o de productos
<b>VALOR DE LA TIERRA</b>	Precio de la tierra tan alto que genera un VAN negativo	Adelantar la adquisición para disminuir el efecto plusvalía y competencia. Las empresas pueden arrendar el bosque a los propietarios y no comprar
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	Sólo pueden acceder a endeudamientos elevados las grandes empresas	Consideración del apalancamiento para mejorar los FCj. Ej: En el presente estudio el TAC teórico es del 6% y el real del 8%
<b>EXTERNALIDADES POSITIVAS</b>	Si se acaba puede que la inversión deje de ser rentable (subsídios)	Aumentan la rentabilidad del proyecto
<b>CRECIMIENTO DEL BOSQUE</b>	Incendios, plagas, etc.	El bosque crece sosteniblemente, con tasas regulares. Mientras el mundo está en crisis el bosque sigue creciendo
<b>EXPORTACIÓN</b>	Tipo de cambio	El tipo de cambio al ser variable influye agregando o restando competitividad a un producto exportado e influye en la decisión sobre un proyecto
<b>CAMBIO DE ESPECIE</b>	Mala elección de la especie (Mala gestión)	Cambiar a especies más rentables como <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>E. nitens</i>

Una vez estudiados los antecedentes de flexibilidad y vistos los parámetros que influyen en esa flexibilidad, en el presente trabajo la opción que se va a considerar es la de aplazar la corta 6 años. Es decir, que pasaría si el turno en vez de a la edad de 24 años fuera a los 30, edad límite del simulador del cual disponemos.

#### **7.2.5.2. Evaluación del valor de la opción “Retrasar el turno”**

Valorar la opción “Retrasar el turno” en términos financieros equivale a valorar una opción “call”. Los parámetros necesarios para conocer el valor de la opción “call” (C) son: el precio de mercado del activo ( $S^*$ ), el precio de ejercicio (K) y el tiempo de vencimiento de la opción (T) además de la tasa libre de riesgo ( $r_l$ ) y la volatilidad de los precios de la madera ( $\sigma$ ).

En secciones anteriores se han determinado algunos de los valores necesarios, quedando por determinar el precio de ejercicio (K), o lo que es lo mismo, el coste de tener el bosque en pie durante 6 años más (de los 24 a los 30), valorizado a valor actual del año 24 momento en el que se suscribe la opción.

Se han evaluado los costes de manera similar a como se evaluaron para calcular el VAN estático. Manteniendo los costos generales de administración (entre otros) e incluyendo, debido a su importancia, el coste de la pérdida de tasas de crecimiento inicial de un segundo turno, por el hecho de esperar con el bosque original y continuar con su crecimiento con tasas menores que las correspondientes a una plantación joven de la misma especie. Los resultados de dichos cálculos se resumen en la tabla nº14.

**Tabla N°14.** Evaluación de los costos involucrados al tomar la opción de espera del proyecto. Datos evaluados para una hectárea de superficie.

ITEM	Actividad	Ud.	24	25	26	27	28	29	30
<b>Forestación</b>	Prep. Terreno	US\$/ha							180,7
	Malas hierbas	US\$/ha							43,2
	Plantas	US\$/ha							51,4
	Mano de obra	US\$/ha							47,7
	Fertilizante	US\$/ha							8,9
	Mano de obra	US\$/ha							43,4
<b>Manejo</b>	Herbicidas	US\$/ha							15,6
	Mano de obra	US\$/ha							35,4
<b>Activ, Comercial</b>	m3 Pie de pista	US\$/ha							4.075,4
	Carguío	US\$/ha							604,5
	Transporte	US\$/ha							2600
<b>Protección</b>	Plagas	US\$/ha	3	3	3	3	3	3	3
	Seguros	US\$/ha	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	PMF	US\$/ha	3	3	3	3	3	3	3
<b>Gastos Generales</b>	Caminos	US\$/ha	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
	Edificios	US\$/ha	1	1	1	1	1	1	1
	Campamentos y otros	US\$/ha	3	3	3	3	3	3	3
	Vehículos y supervisión	US\$/ha	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
	Personal ejecutivo	US\$/ha	14	14	14	14	14	14	14
	Oficina central	US\$/ha	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
	I+D	US\$/ha	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	Comunicaciones	US\$/ha	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Otros contratistas	US\$/ha	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
	Electricidad y calefacción	US\$/ha	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Gastos de oficina	US\$/ha	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Seguros generales	US\$/ha	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Otros	US\$/ha	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
<b>Perdida de crecimiento por aplazar turno</b>		US\$/ha	0	6,3	6,3	6,3	6,3	70,8	121,2
<b>Depreciación</b>		US\$/ha	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
<b>TOTAL COSTOS POR HECTARIA DEL PROYECTO</b>		US\$/ha	76,9	83,2	83,2	83,2	83,2	147,7	7.904,3
<b>VAN DE LOS COSTOS DE APLAZAR (24-30 Años)</b>				<b>6.035 US\$/ha</b>					

El VAN de los costos de esperar hasta los 30 años a una tasa de descuento del 6,04% (obtenida mediante el método CAMP) es de US\$6.035 por hectárea, y dicho valor se corresponde con el parámetro "K" o *precio de ejercicio* de la opción. Se aplican los métodos de B&S y BOP, substituyendo los valores en las formulas correspondiente y valorando de este modo la opción de retrasar el turno (Tabla n°15).

**Tabla N°15.** Parámetros necesarios para aplicar el método B&S y el BOP

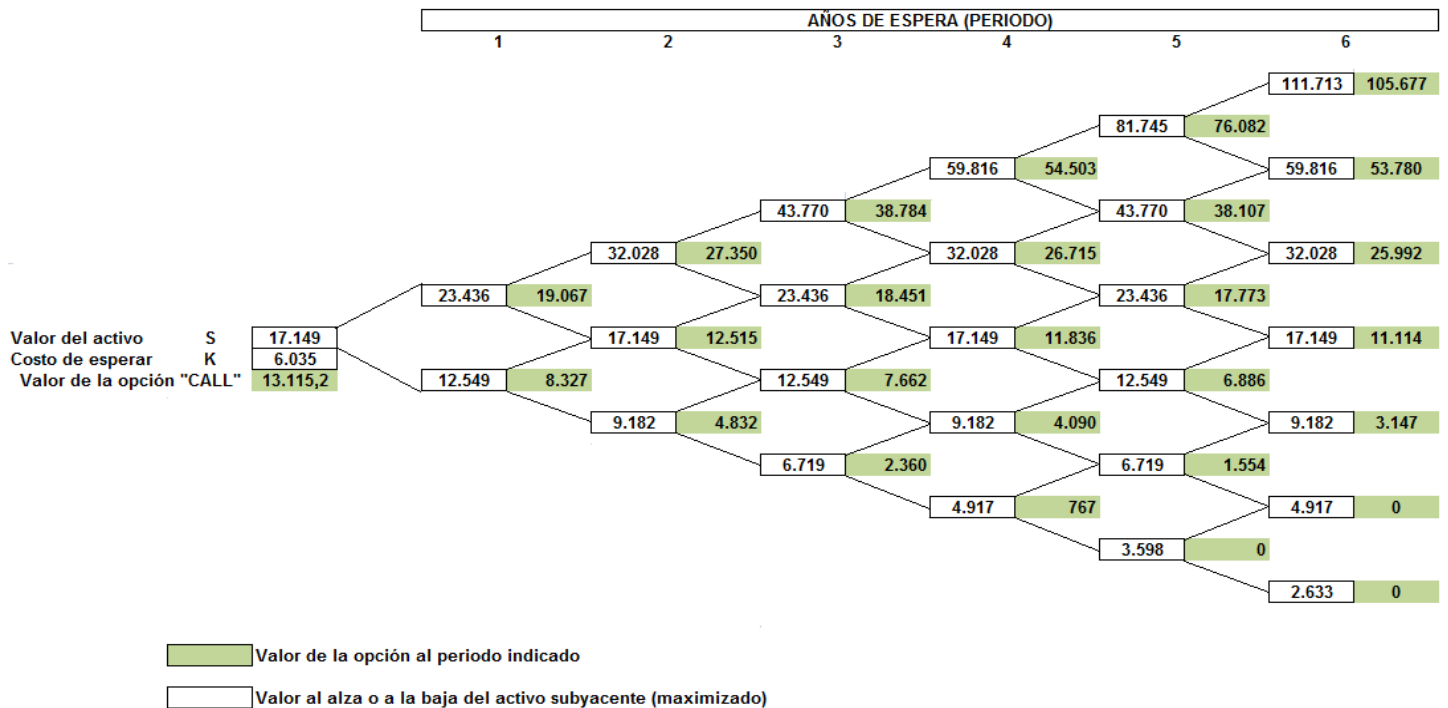
Parámetro	Indicador	Valor	Unidad
<b>Precio de ejercicio</b>	K	6.035	US\$
<b>Precio Actual del activo subyacente</b>	S	17.149	US\$
<b>Tasa Libre de Riesgo</b>	rl	6,58%	Porcentaje
<b>Volatilidad de los precios de la madera</b>	$\sigma$	12,75%	Porcentaje
<b>Tiempo de expiración de la opción</b>	T	6	Años

El primer método que se estudia es el de B&S. Sustituyendo en las ecuaciones [6], [7] y [8], resulta un valor de la opción “call” de US\$13.082,3 por hectárea. Dicho valor corresponde al valor real de esperar a un turno de 30 años y aprovechar las oportunidades que otorga la volatilidad de los precios del activo subyacente a la gestión gerencial. Activo que en este caso corresponde al valor de la madera.

Para determinar el valor del VAN estratégico, se utiliza la ecuación [1], donde se debe sumar al VAN estático del proyecto puro (turno 24 años) el valor de la opción de esperar. De esta manera se obtiene un VAN estratégico de US\$13.302,2 muy superior al estático que ascendió sólo a los US\$219,9 por hectárea, determinando, de esta forma, un nuevo interés por la ejecución del proyecto ya que se han captado valores estratégicos no dimensionados por la metodología tradicional de evaluación de proyectos, corroborando de esta forma lo planteado en el marco teórico. Este nuevo valor estratégico del proyecto genera también nuevas expectativas sobre éste, debido a que han sido captadas mediante una adecuada gestión estratégica del proyecto, aquellas variables que aportan y generan valor al mismo.

Finalmente, para reafirmar la aplicabilidad del modelo de las opciones reales a este tipo de inversiones, se realiza el análisis mediante la aplicación del método BOP. Para ello se utilizan los datos de la tabla n°15.

Los resultados se han esquematizado en la Figura nº11.



**Figura Nº11.** Aplicación del modelo BOP de valoración de opciones para una hectárea de superficie.

Como se observa en la figura nº11, el valor calculado para la opción "Call" mediante el método BOP asciende a \$13.114,5 por hectárea. Este valor es muy similar al obtenido mediante el método B&S (de US\$13.082,3/ha) pudiendo atribuir las pequeñas diferencias a el grado de discontinuidad manifestado por el método BOP en comparación al B&S, tal como ya se indicó.

## 8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

---

Las hipótesis planteadas en este trabajo han sido corroboradas en el apartado de resultados, ya que se han podido analizar las flexibilidades del sector forestal, así como identificar las variables financieras más influyentes en el mercado forestal chileno y aplicarlo en un caso práctico.

Los resultados de los cálculos realizados, ponen de manifiesto el gran potencial del sector forestal en Chile, pese a las rentabilidades marginales calculadas en los proyectos de inversión forestal, debido en parte a los bajos precios y a las políticas del país en los últimos años, pero también al método de valoración del VAN estático utilizado en la evaluación. De este modo, en nuestro caso práctico el resultado de la valoración del proyecto de inversión planteado mediante el VAN estático es de 219,9 US\$/ha, mientras que si añadimos a este VAN el valor de la opción “Retrasar el turno 6 años”, aprovechando las fluctuaciones de los precios del mercado, el VAN estratégico resultante es de 13.302,2 US\$/ha para el método B&S y de 13.335,1 US\$/ha para el método BOP, demostrando así el gran valor añadido que pueden aportar las flexibilidades. Por otro lado, la semejanza entre los resultados nos advierte de que ambos métodos son capaces de captar el valor de la opción de forma parecida y que es posible valorar la flexibilidad del sector forestal mediante varios modelos.

Una vez que se ha comprobado que las opciones reales son capaces de captar el valor añadido por la flexibilidad del sector, se puede concluir que existen oportunidades estratégicas en el sector forestal para los inversores, debido a que proyectos de inversión con rentabilidades marginales o negativas según el método VAN estático y TIR tradicionales, se pueden transformar en proyectos de inversión muy rentables, siempre y cuando se sepan aprovechar mediante una gestión gerencial activa.

Chile, como otros países con un sector forestal significativo, debería considerar los modelos de opciones reales como instrumentos para incentivar a los grandes inversores a que inviertan en proyectos forestales en la zona. Una valoración más ajustada incentivaría a los inversores a plantar en terrenos poco productivos aparentemente no rentables, como es el caso de las plantaciones de pino insignie chilenas con IS de 25 o por debajo (umbral en el que los inversores deciden invertir

o no) o como podría ser también el caso de las plantaciones españolas de la misma especie en Galicia y el País vasco, donde los IS están en los rangos de 13 a 25 (Espinell et al., 1997; Sánchez Rodríguez et al., 2003) muy por debajo de los IS chilenos. Este método de valoración también puede abrir las puertas a plantaciones de especies marginales que hasta ahora se creían poco rentables y que pueden serlo mucho si se tiene en cuenta el valor de la flexibilidad.

Vale la pena mencionar que a este tipo de inversiones el valor añadido resultante está directamente proporcionado al riesgo implícito del proyecto, por lo que el tipo de inversores a los que va dirigido son empresas con gran capital, capaces de mantener una cartera de inversiones diversificada con un cierto equilibrio entre riesgo y rentabilidad. También puede ser de especial interés para los fondos orientados al fomento del desarrollo sostenible, que pueden lograr el doble objetivo de realizar inversiones de carácter social sin renunciar a una retribución financiera semejante a la de proyectos alternativos.

Por otro lado, el estudio de las fuentes de flexibilidad para el sector forestal pone de manifiesto, el gran potencial que esta proporciona. Dicha flexibilidad viene dada por distintos parámetros, tales como; precio, externalidades positivas, tasa de descuento...etc. (Ver apartado 7.2.5.1). Estos parámetros generan a la vez, oportunidades estratégicas para los inversores, de manera que mediante una gestión gerencial activa es posible aprovecharlas, a través de la toma de decisiones tales como adelantar/ atrasar el proyecto forestal, aplicar manejos de la masa que generen un tipo de producto más rentable, aprovechar externalidades positivas como subsidios que aumentan la rentabilidad...etc. Sería interesante que en un futuro, se realizaran trabajos que estudiaran otras fuentes de flexibilidad en el sector forestal para aportar nuevo conocimiento a los antecedentes existentes, con el fin de crear una base descriptiva que explicara toda la flexibilidad del sector y fuera útil para estudios de valoración de este tipo de inversiones. El desarrollo de dicha literatura corresponde sin lugar a duda a los expertos en el sector, por su conocimiento del mismo y por disponer de más recursos para identificar las oportunidades. En el caso de Chile, donde la tradición forestal está muy arraigada, se ha logrado alcanzar una buena gestión gerencial y se ha creado una red de profesionales cualificados capaces de entender el sector y actuar conforme a este.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

---

- Alegria, C. (2011). Simulation of silvicultural scenarios and economic efficiency for maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) Wood-oriented management in centre inland of Portugal. *Forest Systems* 20(3), 361-378.
- Azofra, V., y de la Fuente, G. (2000). A real options application in the automotive components industry. Working Paper. Universidad de Valladolid.
- Baldwin, C.Y. y Clark K.B (1994a). "Capital-budgeting Systems and Capabilities Investment in U.S. Companies after the Second Word War", *Business History Review*, vol.68, pp.73-1093.
- Banco Central de Chile. 2002. Balanza comercial de Chile. Disponible en Internet: <http://www.bcentral.cl> (en Enero 05, 2003).
- Black, F, Scholes, M. 1973. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy* 81:637 – 654. DOI: 10.1086/260062.
- Bolsa de Comercio de Santiago. 2002. Disponible en Internet: <http://www.bolsantiago.cl/>. (en Diciembre 7, 2002).
- Bravo, F. y Diaz-Balteiro, L. (2004). Evaluation of new silvicultural alternatives for Scots pine stands in northern Spain. *Ann. For. Sci.* 61: 163-169
- Brealey, R.A., y Myers, S.C. (2003). *Principles of corporate finance*. McGraw Hill: Boston.
- Brennan, M.J., Schwartz, E.S. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business*. Vol.58, No.2: 135-157
- Campa, J.M. (1994). Multinational investment under uncertainty in the chemical-processing industries. *Journal of international business studies*. 25(3); 557-578
- Castedo, D.F. (2003). Modelo dinámico de crecimiento para las masas de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. Simulación de alternativas silvícolas con inclusión de riesgo de incendio. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior. Dpto. de Ingeniería Agroforestal. 297p.
- CorpResearch, S.L., (2011). Disponible en internet. [www.corpbancainvertiones.cl](http://www.corpbancainvertiones.cl) (en 31 Julio de 2014).
- Cortázar, G. (2001). La clase ejecutiva: Decisiones en finanzas: Mitos y Realidades. *El Mercurio* (Agosto - Octubre 2001) B:martes (12-13).
- Cox, J.C., Ross, S.A. y Rubinstein, M. (1979). Options Pricing - Simplified Approach. *Journal of Financial Economics* 7: 229-263.
- Daniel, P.W., Helms, J.A. y Baker, F.S. (1982). *Principios de Silvicultura*. 2ª Ed. México D.F.: McGraw-Hill. 492 p.
- Danus, A. (1990). *Mercado de opciones en Chile*. 1º ed. Santiago. Universidad Nacional Andrés Bello. Serie Cuadernos Universitarios.



Davis, L.S., Johnson, K.N., Bettinger, P.S. y Howard, T.E. (2001). Forest Management: To Sustain Ecological, Economic, and Social Values. McGraw-Hill, New.

Del Sol, P. (1999). Evaluación de decisiones estratégicas. 1º ed. Santiago: M<sup>c</sup>Graw Hill/Interamericana de Chile Ltda.

Díaz-Balteiro, L. y Romero, C. (2003). Forest management optimization models when carbon captured is considered: a goal programming approach. Forest Ecology and Management 174: 447-457.

Duku-Kaakyire, A. y Nanang D.M. (2004). Application of real options theory to forestry investment analysis. Forest Policy and Economics 6: 539-552.

Espinel, S., Cantero, A., Saenz, D. (1997). Un modelo de simulación para rodales de *Pinus radiata* en el País Vasco. Montes 48, 34-38.

FAO (2011). Anuario Forestal FAO, Productos forestales 2011, p 74-76, 226-228

Gadow, K.V., Real, P. y Álvarez, J.G. (2001). Modelización del crecimiento y la evolución de los bosques. IUFRO World Series vol. 12, Viena, 242p.

García, V. O. (1970). Índices de sitio para *P. insignis* en Chile. Serie de investigación, publicación N.º 2. INFOR. Santiago. Chile

Ghemawat, P. (1991) Commitment: The dynamic of strategy. New York: The Free Press.

González, J.R., Pukkala, T. y Palahí, M. (2005). Optimizing the management of *Pinus sylvestris* L. stand under risk of fire in Catalonia (north-east of Spain). Ann. For. Sci. 62: 493-501.

Hasenauer, H. (2006). Sustainable Forest Management: Growth Models for Europe. Springer, Berlin. 398 p.

Hughes, W.R. (2000). Valuing a Forest as a Call Option: The Sale of Forestry Corporation of New Zealand. Forest Science. 46:32-39

INFOR, (1984). Compendio de tablas auxiliares para el manejo de plantaciones de pino insignis. Manual N°14. INFOR- Instituto Forestal: Santiago de Chile.

INFOR, (2012). Boletín estadístico N°136, Anuario forestal 2012. Instituto Forestal. Santiago de Chile.

Kallio, M., Kuula, M. y Oinonen S. (2012). Real options valuation of forest plantation investments in Brazil. European Journal of Operational Research 217: 428 – 438.

Kaplan, S.N. y Ruback, R.S. (1995). " The Valuation of Cash Flow Forecasts: An Empirical Analysis," Journal of Finance, American Finance Association, vol. 50(4): 1059-93.

Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. Review of Economics and Statistics 47: 13-37.

Markowitz, Harry M. (1959). Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. New York: John Wiley & Sons

Mascareñas, J. (1998). Las decisiones de inversión como opciones reales: Un enfoque conceptual. Documento de trabajo N°9805. Universidad Complutense de Madrid

Morales, R., Weintraub, A., Peters, R. y García, J. (1979). Modelos de simulación y manejo para plantaciones forestales. FO:DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N°30. Santiago de Chile.

Morck, R. Schwartz, E. Stangeland, D. (1989). The valuation of Forestry Resources Under Stochastic Prices and Inventories. The journal of financial and quantitative analysis, Vol.24, No.4: 473-487.

Moser, J.W. y Hall, O.F. (1969). Deriving growth and yield functions for uneven-aged forest stands. Forest Science, 15: 183-188.

Myers, S.C. (1977). Determinants of Corporate Borrowing. Journal of Financial Economics, vol. 5 págs, 147-175.

Newnham, R.M. (1964). The development of a Stand Model for Douglas-fir. Ph. D. thesis. University of British Columbia, Vancouver, Canada.

Palahí, M., Miina, J., Tomé, M., y Montero, G. (2002). Stand-level yield model for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. Invest. Agri.; Sist. Recur. For. 11, 409-424.

Palahí, M., Pukkala, T., Miina, J. y Montero, G. (2003). Individual-tree growth and mortality models for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. Ann. For. Sci. 60, 1-10.

Pasalodos-Tato, M., Mäkinen, A., Garcia-Gonzalo, J., Borges, J.G., Lamas, T. y Eriksson L.O. (2013). Review. Assessing uncertainty and risk in forest planning and decision support systems: review of classical methods and introduction of innovative approaches. Forest Systems. 22(2): 282-303.

Peters, R. (1999). Modelo Nacional de Simulación de Pino Radiata. CD.

Peyron J.L., Terreaux J.P. y Bin Guo, P.C. (1998). Principaux critères économiques de gestion des forêts: analyse critique et comparative. Ann. Sci. For. 55: 523-551.

Plantinga, A.J. (1998). The Optimal Timber Rotation: An Option Value Approach. Forest Science 44(2):192-202

Porter, M. E. (1985). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York. Free Press.

Pretzsch, H., Utschig, H. y Sodtke, R. (2006). Applications of tree growth modelling in decision support for sustainable forest management. In Hasenauer, H. (Ed.) sustainable forest management, growth models for Europe. Springer. Germany. 398p.

PROT (2013). Análisis Territorial para la Elaboración del Plan Regional de Ordenación Territorial de la región de los Ríos. Informe etapa N°3-Versión 4. Laboratorio de Planificación Territorial.

Rio, M. del, y Montero, G. (2001). Modelo de simulación de claras en masas de *Pinus Sylvestris* L. Monografías INIA: Forestal n°3.

Rodríguez-Soalleiro, R., Álvarez J.G. y Schröder, J. (2000). Simulation and comparison of silvicultural alternatives for even-aged *Pinus pinaster* Ait. Stands in Galicia (Northwestern Spain). *Ann For Sci* 57,747-754.

Rojo, A., Diéguez-Aranda, U., Rodríguez-Soalleiro, R. y Gadow K. Von. (2005). Modelling silvicultural and economic alternatives for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations in north-western Spain. *Forestry* 78(4): 385-401.

Ross, S. A. Westerfield, R. W. y Jeffrey. (2000). Finanzas corporativas. México. D.F.: McGraw Hill.

Sanchez Rodriguez F., Rodriguez Soalleiro R., Rojo A., Álvarez J.G., Lopez C., Gorgoso J., Castedo F. (2003). Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*(en prensa).

Sharpe, W.F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk". *Journal of Finance* 19: 425-442

Suárez, S.A. (2005). Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa. Ediciones Piramide. ISBN:84-368-1899-7.

Trigeorgis, L. (1993). Topics in real options and applications. *Financial Management* 22: 202-224. DOI: 10.2307/3665939.

Trigeorgis, L. (2000). Real Options and financial Decisión-Making. En FMA International, *Contemporary Finance Digest*. Vol 3, Nº 5 – 42.

Voukila, Y. (1965). Functions for variables density yield tables of pine based on temporary simple plots. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 60: 1-86

Yap, R. (2004). Option valuation of Philippine forest plantation leases. *Environment and Development Economics* 9: 315–333. DOI: 10.1017/S1355770X03001116.

## ANEXOS

---

Anexo 1. Salida del Simulador para el rodal hipotético de <i>Pinus radiata</i> D. Don (IS 25).....	68
Anexo 2. Flujos de caja del proyecto de plantación de <i>Pinus radiata</i> D. Don (US\$/ha) del año 0 al 24.....	69

## ANEXO N° 1

AÑO	H <sub>DOM</sub> (m)	Pie/ha	m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> ssc/ha acumulados	% Incremento	m <sup>3</sup> /árbol
4	4,33	1.250	5	1,14		0,00
5	5,71	1.246	7,13	4,36	282%	0,00
6	7,12	1.241	9,64	9,87	126%	0,01
6	7,12	700	6,58	8,44	-14%	0,01
7	8,55	700	8,87	17,54	108%	0,03
8	9,97	700	11,48	28,43	62%	0,04
9	11,38	700	14,27	43,14	52%	0,06
10	12,78	680	17,14	61,24	42%	0,09
11	14,15	677	20,17	82,31	34%	0,12
12	15,49	673	23,22	106,28	29%	0,16
12	15,49	450	18,68	89,63	-16%	0,20
13	16,81	450	21,54	111,66	25%	0,25
14	18,09	450	24,45	137,51	23%	0,31
15	19,33	440	27,34	165,47	20%	0,38
16	20,54	439	30,19	195,06	18%	0,44
17	21,71	438	32,97	225,77	16%	0,52
18	22,84	436	35,66	257,56	14%	0,59
19	23,94	435	38,25	290,06	13%	0,67
20	25	434	40,74	323,14	11%	0,74
21	26,02	433	43,12	356,6	10%	0,82
22	27,01	432	45,39	390,32	9%	0,90
23	27,96	431	47,55	424,01	9%	0,98
24	28,87	430	49,59	457,31	8%	1,06
25	29,75	429	51,53	490,5	7%	1,14
26	30,6	428	53,36	523,34	7%	1,22
27	31,41	427	55,09	555,75	6%	1,30
28	32,2	426	56,72	587,68	6%	1,38
29	32,95	425	58,25	619,09	5%	1,46
30	33,67	425	59,69	649,99	5%	1,53

\*Resultados generados por el "software" de simulación de crecimiento de *Pinus radiata* D. Don. a partir de los datos señalados en la Tabla n°2.

## ANEXO N°2

ITEM	Macroactividad	Actividad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ingresos por ventas	Otras ventas	Venta de leña		80,0												
		Arrend. ganado				4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0			
	Ventas madera	Clara														366
Corta final																
TOTAL INGRESOS DEL PROYECTO (1ha)			0,0	80,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	366	
Inv. Inicial	Adquisición del terreno		600													
Reforestación	Establecimiento	Prep. terreno		180,7												
		Malas hierbas		43,2												
	Plantación	Plantas		51,4												
		Mano de obra		47,7												
	Fertilización	Fertilizante		8,9												
Mano de obra			43,4													
Manejo	Desbroces qcos.	Herbicidas			15,6	15,6	15,6									
		Mano de obra			35,4	35,4	35,4									
	Poda 1	Mano de obra							99,7							
	Poda 2	Mano de obra								60,4						
	Poda 3	Mano de obra									66,6					
	Rep. daño viento	Mano de obra			54,8	54,8										
	Clareo	Mano de obra							42,4							
	Marcación clara	Mano de obra									20,9					
	Activ. Comerc.	Clara	m³ a pie de pista													116
Carguío															15,5	
Transporte															66,6	
Activ. Comerc.	Corta Final	m³ a pie de pista														
		Carguío														
		Transporte														
Protección	Plagas	Control		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
	Incendios	Seguros		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
Gastos Generales		Mantenimiento	PMF		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	Caminos			5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
	Edificios			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Administración	Otros		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
		Vehículos y supervisión		2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
		Personal ejecutivo		14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
		Oficina central		26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
		I+D		4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
		Comunicaciones		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		Otros contratistas		5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
		Electricidad y calefacción		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Gastos de oficina		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
		Seguros generales		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Otros costos		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		Otros			1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		TOTAL COSTOS DEL PROYECTO (1ha)			600,0	452,3	182,7	182,7	127,9	77,0	219,1	137,4	164,5	77,0	77,0	77,0
FLUJO NETO OPERACIONAL DEL PROYECTO			-600,0	-372,3	-182,7	-178,7	-123,9	-73,0	-215,1	-133,4	-160,5	-73,0	-73,0	-77,0	90,4	
Impuestos															15,4	
FLUJO NETO DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS			-600,0	-372,3	-182,7	-178,7	-123,9	-73,0	-215,1	-133,4	-160,5	-73,0	-73,0	-77,0	75,0	
Depreciación				1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
FLUJO DEL PROYECTO			-600,0	-370,6	-181,1	-177,1	-122,3	-71,3	-213,5	-131,7	-158,8	-71,3	-71,3	-75,3	76,7	

ITEM	Macroactividad	Actividad	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Ingresos por ventas	Otras ventas	Venta de leña													
		Arrend. ganado													
	Ventas madera	Clara													
		Corta final													17149,1
TOTAL INGRESOS DEL PROYECTO (1ha)														17149,1	
Inv. Inicial	Adquisición del terreno														
Reforestación	Establecimiento	Prep. terreno												180,7	
		Malas hierbas												43,2	
	Plantación	Plantas												51,4	
		Mano de obra												47,7	
	Fertilización	Fertilizante												8,9	
		Mano de obra												43,4	
Manejo	Desbroces qcos.	Herbicidas												15,6	
		Mano de obra												35,4	
	Poda 1	Mano de obra													
		Poda 2	Mano de obra												
		Poda 3	Mano de obra												
	Rep. daño viento	Mano de obra													
	Clareo	Mano de obra													
	Marcación clara	Mano de obra													
	Activ. Comerc.	Clara	m³ a pie de pista												
Carguío															
Transporte															
Activ. Comerc.	Corta Final	m³ a pie de pista												2867,3	
		Carguío												425,3	
		Transporte												1829,2	
Protección	Plagas	Control	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		Seguros	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
	Incendios	PMF	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Gastos Generales	Mantenimiento	Camino	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
		Edificios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Otros	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Administración	Vehículos y supervisión	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
		Personal ejecutivo	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
		Oficina central	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
		I+D	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
		Comunicaciones	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		Otros contratistas	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
		Electricidad y calefacción	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Gastos de oficina	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
		Seguros generales	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Otros costos	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		Otros	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		TOTAL COSTOS DEL PROYECTO (1ha)			77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
FLUJO NETO OPERACIONAL DEL PROYECTO			-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	11524	
Impuestos														1959,1	
FLUJO NETO DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS			-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	9565	
Depreciación			1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
FLUJO DEL PROYECTO			-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	-75,3	9566,6	
VALOR ACTUAL NETO (US\$/ha)			219,9												
TASA INTERNA DE RETORNO			6,58%												